

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣部会(第30回)

日時：平成31年3月25日(月) 13:30～15:30

場所：KKRホテル名古屋 4階 福寿の間

会 議 次 第

1 開会

2 あいさつ

- | | | |
|------|-----------------------|-----|
| 3 議事 | 現天守閣の解体に伴う石垣への影響について | 資料1 |
| | 天守台石垣保存方針について | 資料2 |
| | 石垣等詳細調査の具体的な手順・方法について | 資料3 |
| | 名古屋城本丸石垣発掘調査について | 資料4 |

4 その他

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣部会（第30回） 出席者名簿

日時：平成31年3月25日（月）13:30～15:30

場所：KKR ホテル名古屋 4階 福寿の間

■構成員 (敬称略)

氏名	所属	備考
北垣 聰一郎	石川県金沢城調査研究所名誉所長	座長
赤羽 一郎	愛知淑徳大学非常勤講師	副座長
千田 嘉博	奈良大学教授	
宮武 正登	佐賀大学教授	

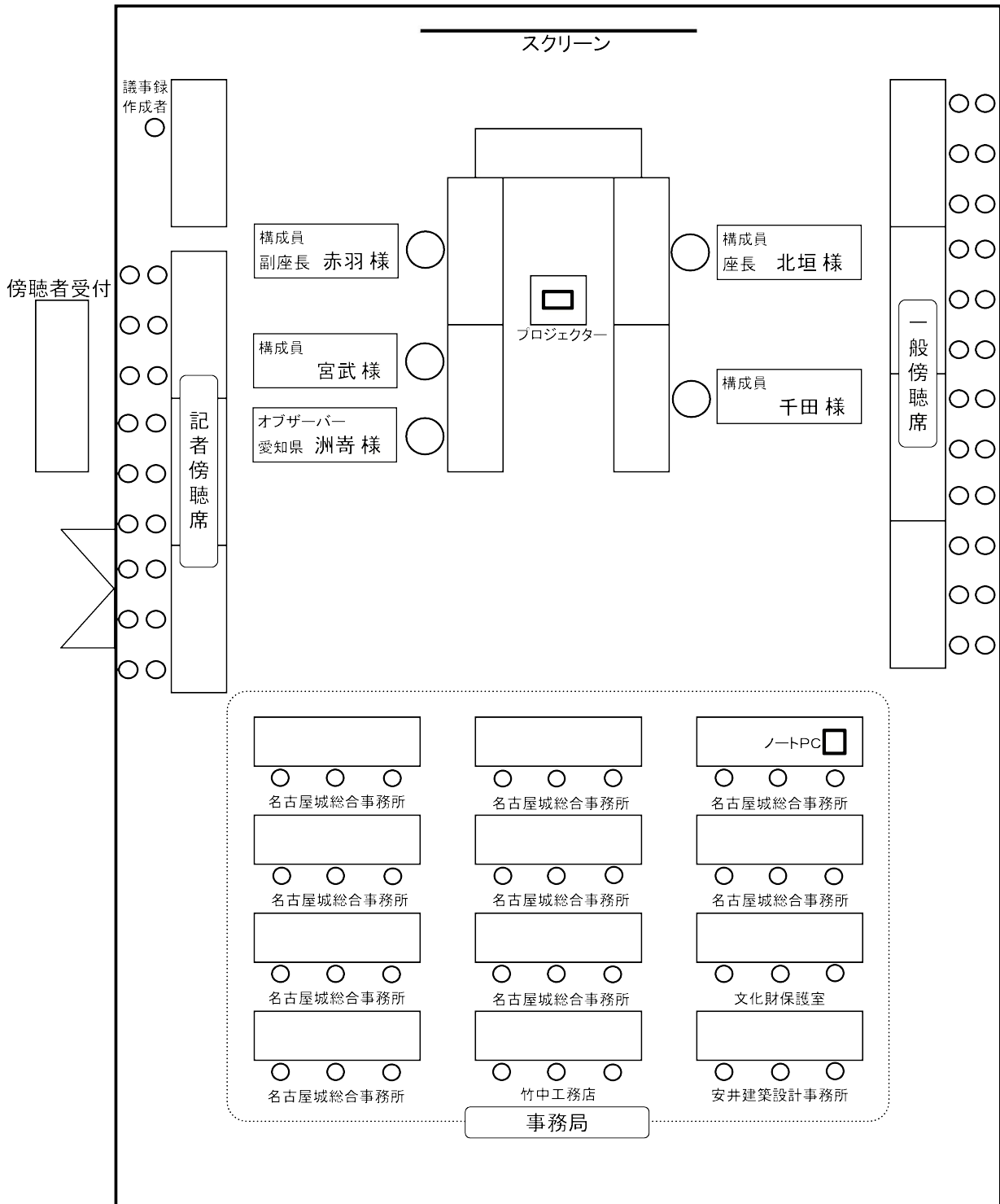
■オブザーバー (敬称略)

氏名	所属
洲崎 和宏	愛知県教育委員会生涯学習課文化財保護室室長補佐

第30回特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議石垣部会

座席表

平成31年3月25日(月)
13:30~15:30
KKRホテル名古屋 4階 福寿の間



現天守閣解体工事計画

平成31年3月25日

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議
[第30回 石垣部会]

1. 概要編

1-1. 現天守閣の解体工事計画

-1 現天守閣解体工事方針

- (1) 解体範囲の設定
- (2) 大天守閣の解体範囲
- (3) ELV棟の解体範囲
- (4) 小天守閣の解体範囲

-2 総合仮設計画概要

- (1) 総合仮設計画概要
- (2) 遺構に配慮した解体計画

-3 遺構保存対策

- (1) 内堀保護と石垣・遺構面の取り合い
- (2) 鵜の首と小天守西側石垣の側面養生
- (3) 外堀の仮設棧橋を設置する方法
- (4) 現天守閣解体後の石垣天端保護と雨水対策

-4 現天守閣解体工事工程表

-5 現天守閣解体工事ステップ

-6 跳ね出し躯体の解体工法

1-2. 現天守閣解体に伴う天守台石垣への影響と対策

-1 現天守閣解体に伴うリバウンドの影響評価

- (1) 現天守閣解体除荷による天守台石垣への影響検証
- (2) リバウンド影響への対策

-2 工事振動による天守台石垣への影響評価と対策

- (1) 振動による天守台石垣への影響を軽減する工法
- (2) 石垣に影響を与える振動レベル
- (3) 工法の選定と対策

-3 仮設物等設置に伴う天守台石垣への影響検証と対策

- (1) 大天守閣北側の内堀および本丸内への重機設置と御深井丸への仮設構台設置による石垣、遺構への影響検証
- (2) 鵜の首から内堀および小天守西側石垣への重機・仮設構台設置等による石垣、遺構への影響検証
- (3) 外堀養生と仮設棧橋設置による石垣、遺構への影響検証
- (4) 石垣と遺構面のモニタリング

1-1-1 現天守閣解体工事方針

(1) 解体範囲の設定

現在の名古屋城天守閣の解体にあたり、遺構への配慮を重視し、解体するSRC天守閣の範囲を設定する。 エリアとしては大天守、小天守とELV棟及び小天守西側の設備ヤードとする。(図2-1-1参照)

(2) 大天守閣の解体範囲

地階外周四角柱柱、並びに枳形石垣に接している柱、壁、地階下の基礎、ケーソンの解体は、穴蔵石垣を取外す必要があるため解体せずに残置する。外周四隅の角柱については安定性を確保するために1階の斜め梁(スラブ付き)を残し、斜め梁を維持するための中央部分は1階床上レベルまで残置する。外周部は4本の斜め梁部分を除き1階床下まで解体し、石垣面端が見える状態とする。また、地階の2次的な壁については石垣に干渉していない部分については解体し、石垣面現しの状態にする。(図2-1-2、2-1-3、2-1-4、2-1-5、2-1-6、2-1-7参照)

(3) ELV棟の解体範囲

ELV棟は、遺構保護の観点から表土盛り土部分(15cm程度)までの解体とし、遺構である本丸地盤の掘削を伴う基礎部分は残置する。(図2-1-2、2-1-4、2-1-5参照)

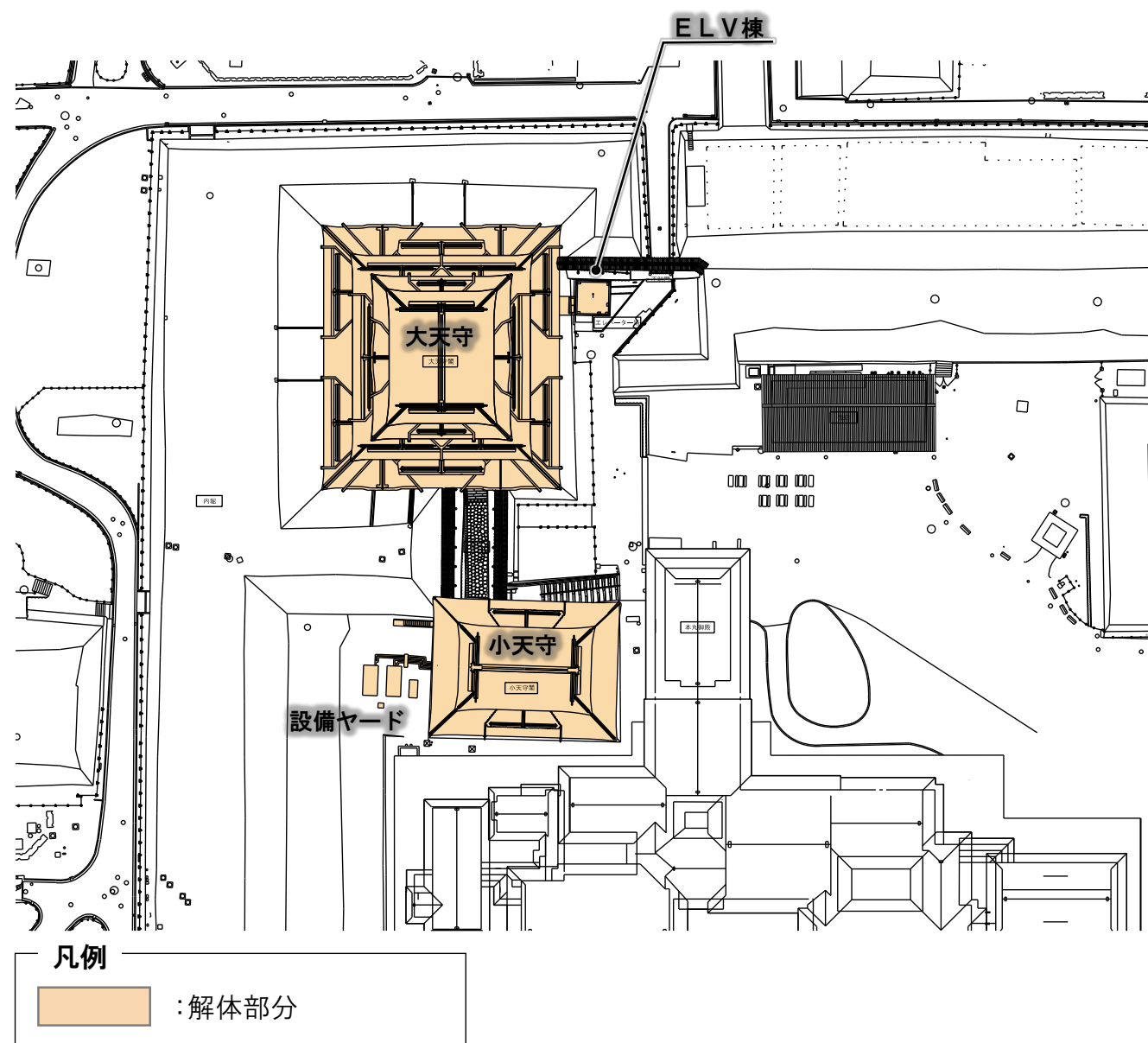


図2-1-1 解体エリア配置図

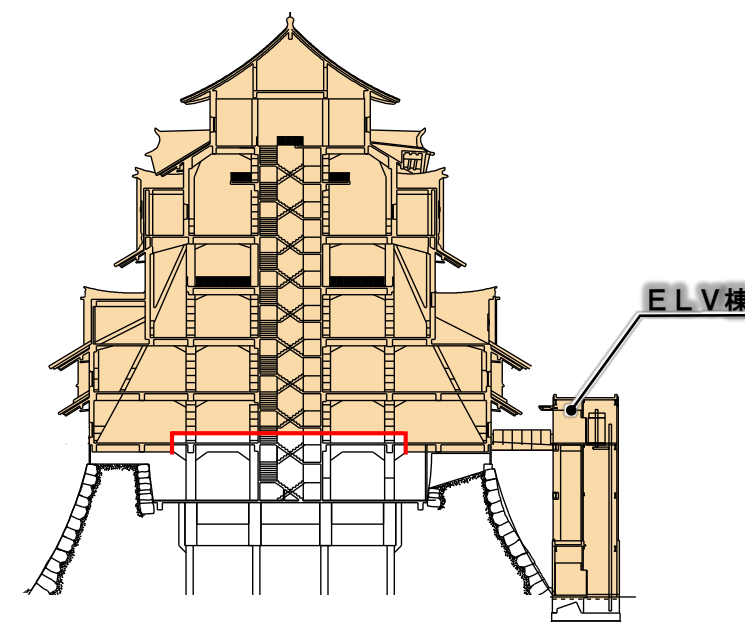


図2-1-2 大天守解体部分 A-A断面図(ELV棟含)

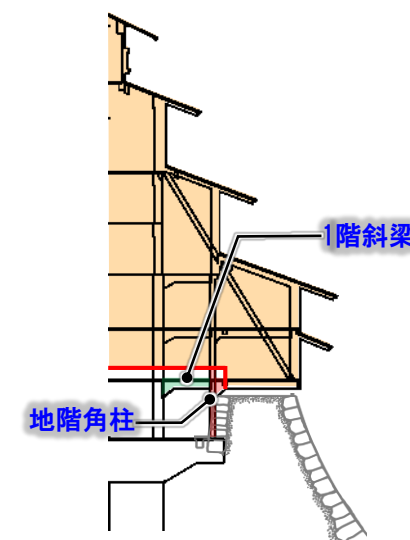


図2-1-3 大天守解体部分 B-B断面図

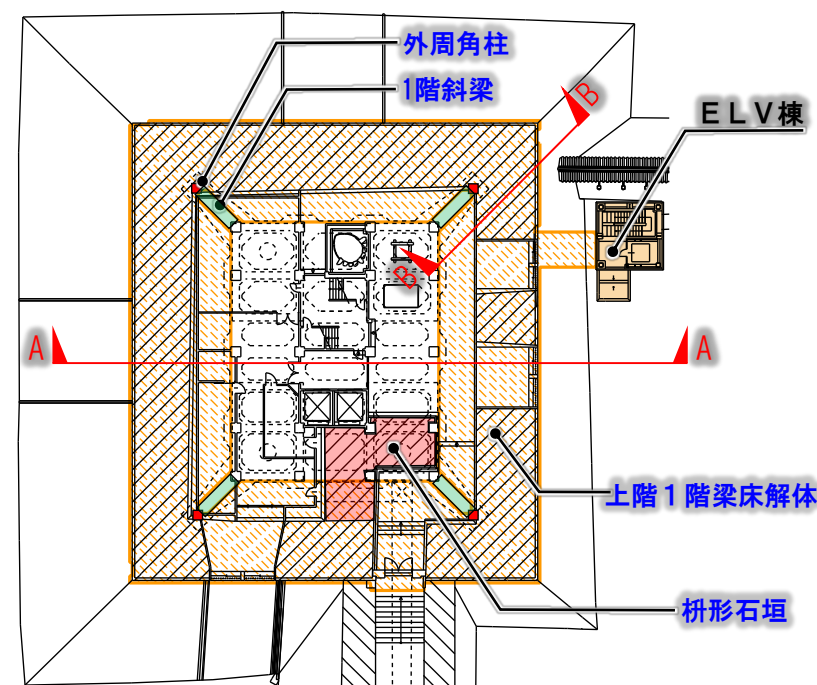


図2-1-4 大天守解体部分地下平面図(ELV棟含)

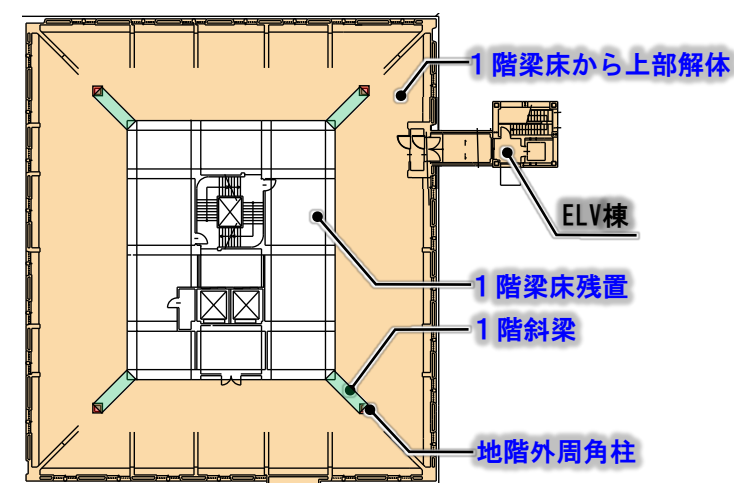


図2-1-5 大天守解体部分1階平面図(ELV棟含)

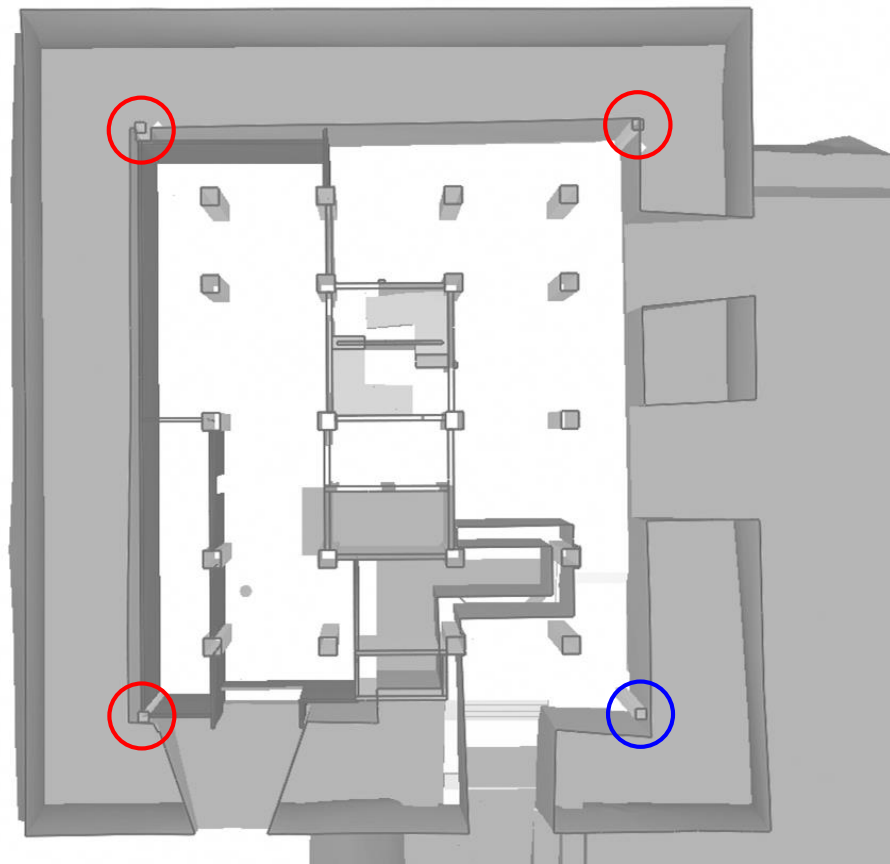


図2-1-6 地階躯体と穴蔵石垣の位置関係(直上鳥観図)

- 穴蔵石垣に食い込む角柱
- 穴蔵石垣に近接する角柱

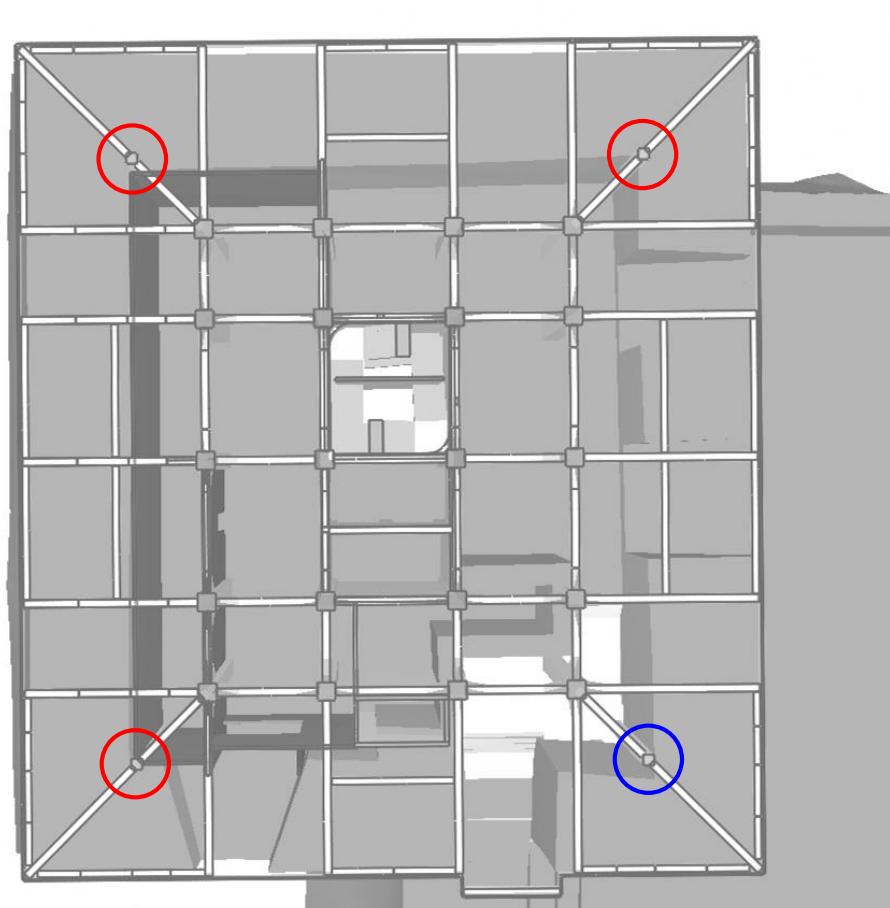


図2-1-7 1階梁と穴蔵石垣の位置関係(直上鳥観図)

- 穴蔵石垣に食い込む角柱
- 穴蔵石垣に近接する角柱

(4) 小天守閣の解体範囲

地階外周柱、並びに地階下の基礎、ケーソンの解体は、穴蔵石垣を取外す必要があるため残置する。残置される地階外周柱の安定性を確保するため、地階の中央部分は1階床一部分まで残置して1階外周部は1階床下まで解体し、大天守と同様石垣天端が見える状態とする。(図2-1-8、2-1-9、2-1-10参照)

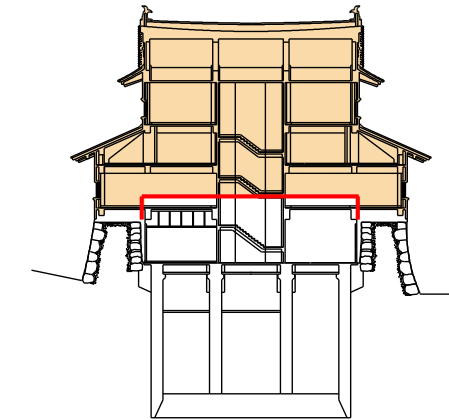


図2-1-8 小天守解体部分断面図

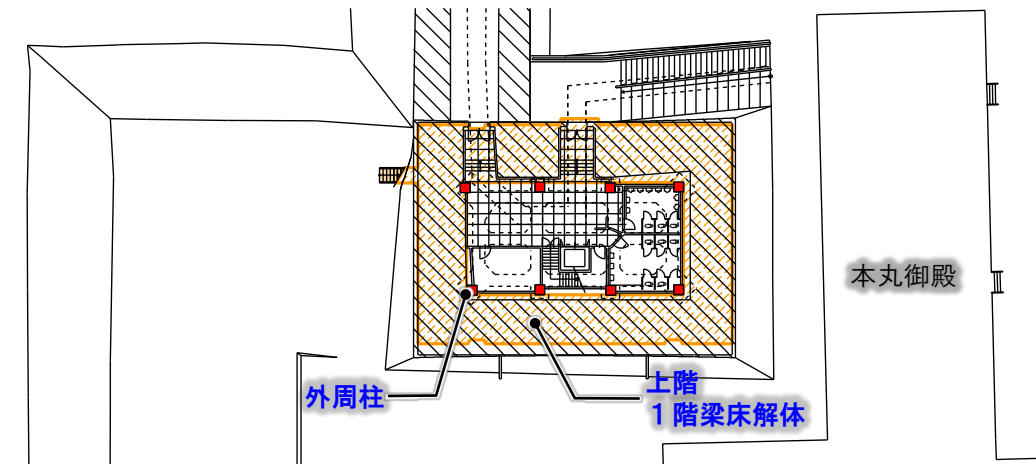


図2-1-9 小天守解体部分地階平面図

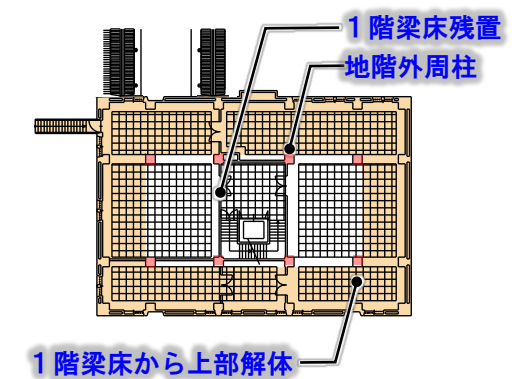


図2-1-10 小天守解体部分1階平面図

1-1-2 総合仮設計画概要

本丸、御深井丸や内堀の遺構上に設置するため、重量の軽減化や養生による対策等を行い、遺構の保存に対し可能な限り影響を抑えるための配慮をした計画とする。

(1) 総合仮設計画概要

解体工事に伴う全体仮設計画を以下に示す。

1) 内堀保護工 ⇒ ①

- ・構台及び大型重機を設置する内堀部を軽量盛土材で養生することとて、仮設物の荷重を分散し、特別史跡の遺構ならびに石垣を保護する。

2) 仮設構台 ⇒ ②

- ・大天守石垣天端レベル(標高約26.9m)及び小天守石垣天端レベル(標高約22.5m)への構台設置して工事を進める。
- ・搬入口となる北側名城公園から天守閣の仮設構台まで、工事車両が直接乗り入れることができる仮設構台を設置する。

3) 仮設栈橋 ⇒ ③

- ・天守台対岸の石垣保護のため、内堀西側の通路を工事のメインアプローチとせず、北側の名城公園との間に長さ73mの仮設栈橋を設け、現存天守閣解体工事のメインアプローチを北側からとする。
- ・遺構保護のため外堀は底浚いせず、ネットで割栗石を包んだボルトユニットで養生して仮設栈橋を設置する。



図2-2-1 解体工事 仮設計画配置図

(2) 遺構に配慮した解体計画

遺構に配慮した解体工事のための仮設計画を以下に示す。

1) 掘削のない基礎計画

仮設構台・仮設栈橋はを別史跡内に設置するため、遺構面に対する掘削や杭等の打ち込みは行わない基礎形式として、掘削を伴わない置き基礎とし、べた基礎または布基礎の形状として、地盤へ作用する荷重を分散することで遺構を保護する計画とする。

2) 内堀内の遺構保護

現天守閣の解体工事のための仮設構築物である構台・栈橋および大型重機を特別史跡内に設置するため、遺構を毀損することのないように、内堀部は軽量盛土材による埋立て保護を行うことで、可能な限り遺構への影響を少なくした計画とする。また、内堀は水捌けが悪いため集中豪雨時の浮き上がり対策として砕石排水・帯水層を設け、緊急時にはポンプを使って外堀に放流する。

3) 内堀以外の遺構保護

内堀以外の範囲については、現状地盤を土木シート及び砕石で養生し、その上にコンクリート基礎を設ける。また、重機の設置については、土木シートおよび砕石で養生した上にさらに鉄板養生を行うにより遺構を保護する。

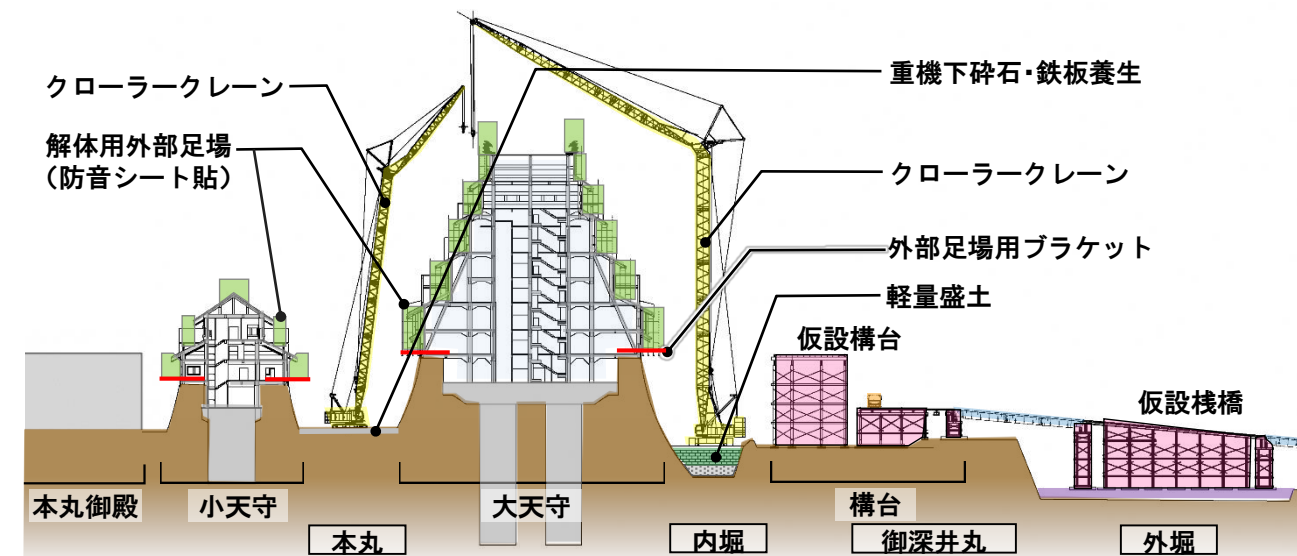


図2-2-2 仮設構台、仮設栈橋等設置イメージ図

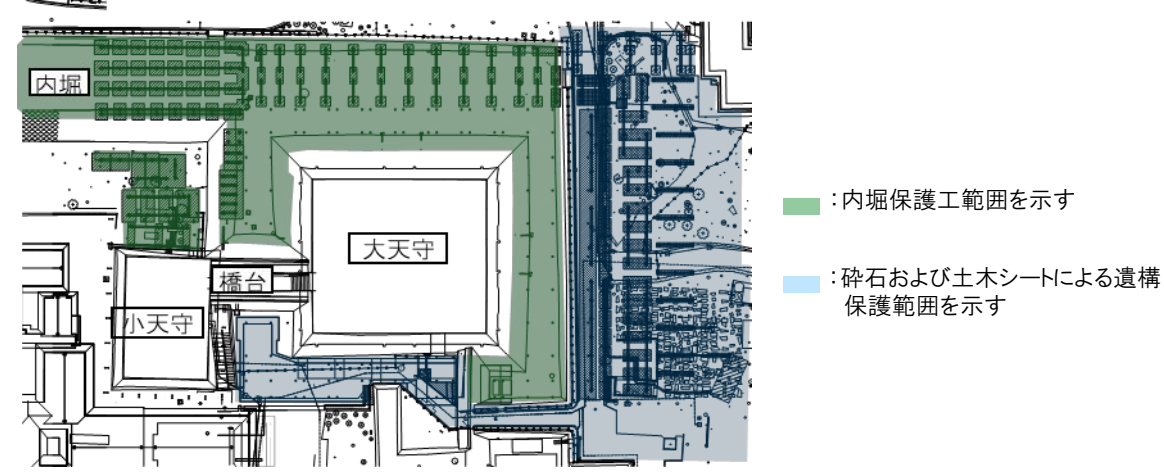


図2-2-3 仮設建築物(軽量盛土・基礎)設置範囲

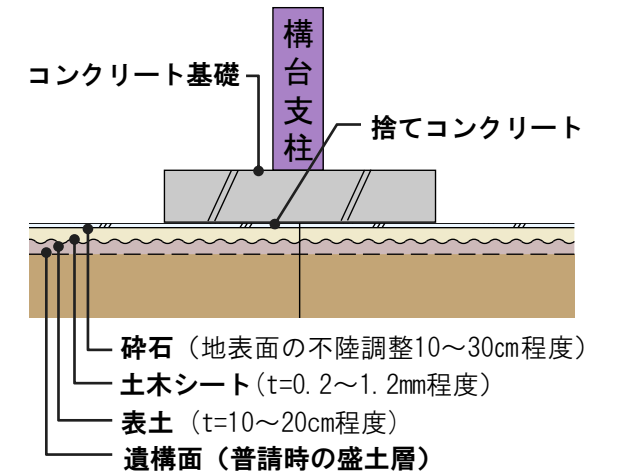


図2-2-4 遺構保護断面図(御深井丸の基礎部分)

4) 内堀石垣等遺構の保護

内堀底の地盤面に直接、重機や仮設構台の基礎等を設置した場合、地盤の堀底面に荷重が集中するため、石垣や遺構に影響を与えることが懸念される。

今回、重機および仮設構台からの荷重を分散させ、かつ石垣の変状を抑制することで石垣や遺構に可能な限り影響を抑える方法として、内堀を軽量盛土材(EPS工法)にて埋めて保護する計画とする。この工法により荷重が分散され、石垣法面の横滑りや孕みだしを可能な限り抑え、内堀ならびに石垣の保護を行う。

※軽量盛土工(EPS工法): 軽量かつ耐久性、耐圧縮性に優れたエスレンブロック(発砲スチロール)を積み重ねて盛土する工法で、盛土荷重による周辺地盤沈下等の影響を軽減できる工法で、全国的高速道路、護岸工事等で多くの施工実績がある。

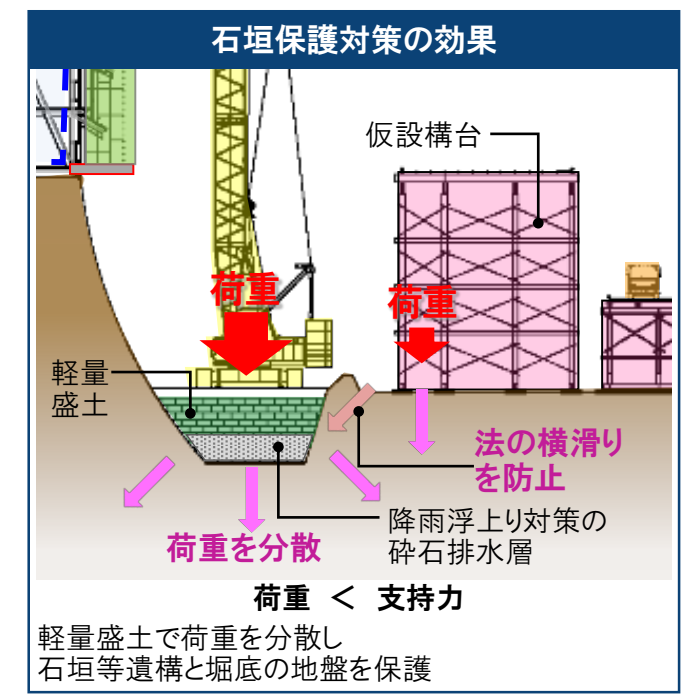


図2-2-6 内堀保護対策の効果

1-1-3 遺構保存対策

石垣や地盤等の遺構の保存に影響を可能な限り抑えるために、以下の対策を採用するものとする。

(1) 内堀保護と石垣・遺構面の取り合い

軽量盛土材を設置するにあたり、石垣や堀底遺構面の取り合い部については以下に示す養生を行う。

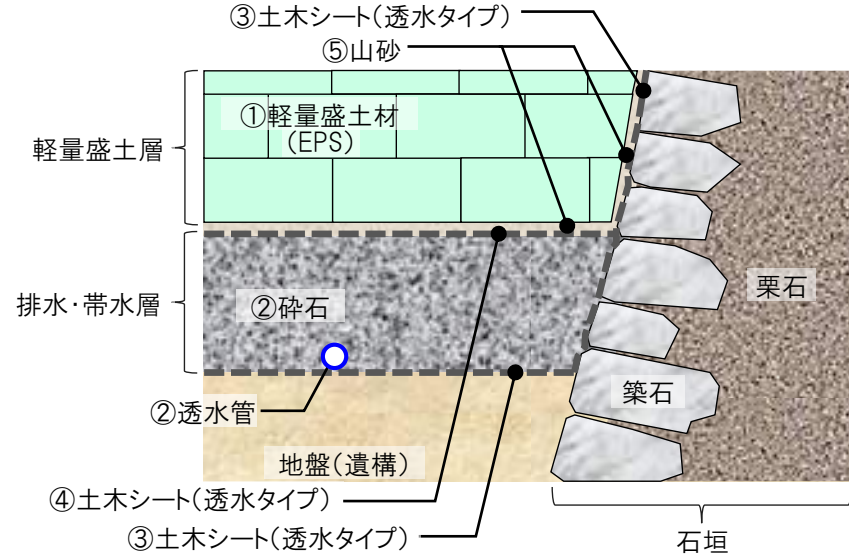


図2-3-1 内堀保護の構成と遺構保存対策

- 堀底の遺構面、石垣面への埋め戻しによる荷重影響を軽減するため、軽い素材で強度のある軽量盛土材 (EPS) を用いて内堀を埋め戻す。
- EPSは非常に軽いので、集中豪雨等による一時的な内堀内増水による浮き上がり防止するため、砕石層を想定水位より高くすることで十分な帯水機能を持たせる。また、透水管を設置することで砕石の外へ排水するとともに、緊急時にはポンプにより外堀へ排水する設備も設置する。
- 石垣や堀底に直接、砕石や山砂等が接して遺構面を傷つけないように、土木シートにより遺構表面を養生する。土木シートの背面に水が溜まらないように透水タイプを用いる。
- EPSと排水層の間には土木シートを敷き、撤去時に砕石と山砂が混じらないようにする。また、EPSが降雨時に浮き上がらないように透水タイプを用いる。
- EPSと石垣面との間に隙間ができないように山砂を充填する。また、EPSを水平に積上げるために排水層の不陸修正にも山砂を用いる。
- 軽量盛土層の上部には土木シートと砕石で養生し、構台のコンクリート基礎の設置や重機の鉄板養生を行う。鉄板養生は石垣に直接触れないように配慮して敷き込む。



平成30年6月 特別史跡名古屋城跡の現状変更「石垣調査のための仮設事務所等工事」より

図2-3-2 土木シート敷設と砕石敷均し状況の例



株式会社ジオテックHP「発泡スチロールを用いた超軽量盛土工」より

図2-3-3 EPS工法の工事状況の例

(2) 鶴の首と小天守西側石垣の側面養生

1) 鶴の首石垣の側面養生

史跡内の仮設工事については、仮設構台・構台が完了するまでの間、工事車両は正門から鶴の首を通過して工事エリアにアプローチするため、工事に先立ち鶴の首の石垣養生を実施する。鶴の首石垣の両側面に大型土のうを積上げて押さえ込むことで、工事車両等の通行による石垣の孕み出し等の影響を抑える。

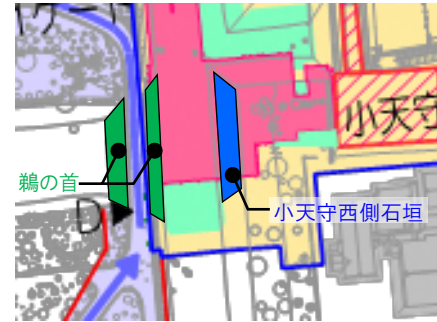


図2-3-4 鶴の首と小天守西側石垣位置

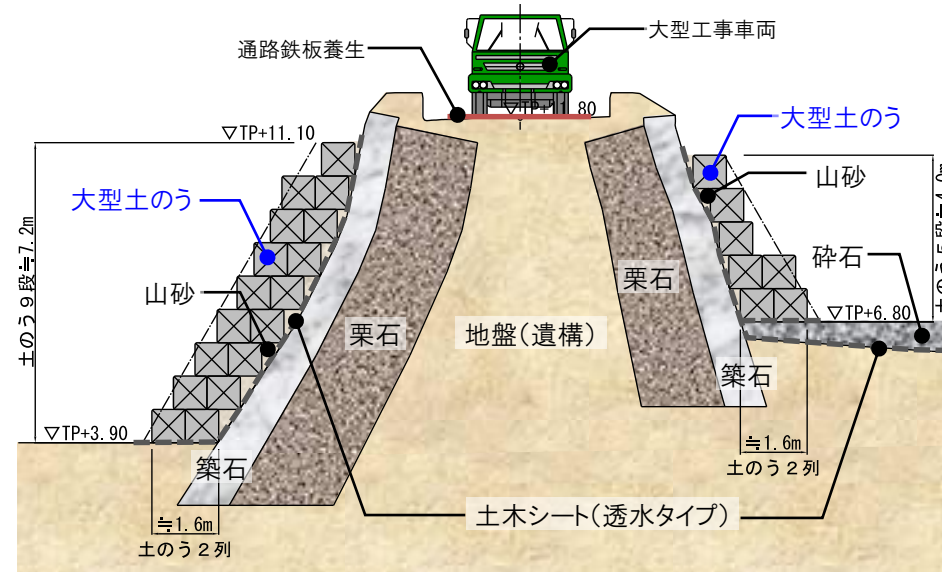


図2-3-5 鶴の首石垣の大型土のう養生

2) 小天守西側石垣の側面養生

天守閣解体のため、仮設構台の一部を小天守西側の石垣に設置する必要がある。小天守西側の石垣側面に大型土のうを積上げて押さえ込むことで、仮設構台の荷重による石垣の孕み出し等を可能な限り抑える。

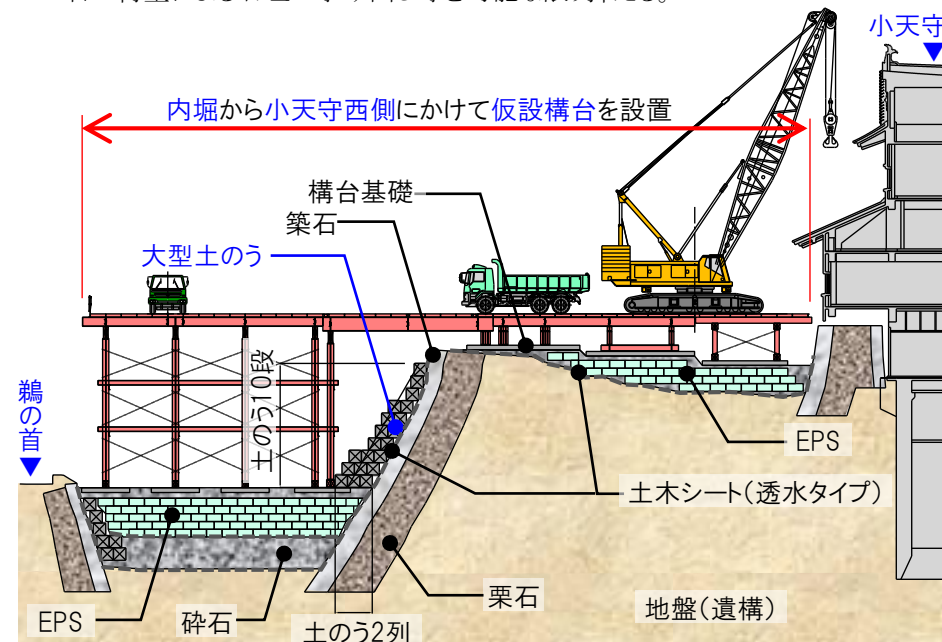


図2-3-6 遺構保護断面図(本丸・御深井丸の基礎部分)

(3) 外堀の仮設構台を設置する方法

仮設構台を設置する場合、堀底の底浚いや山留杭の打ち込み等、遺構を毀損する恐れのある工法は採用しない。対策として、底浚や山留杭の打ち込み、排水等をせずに安定した養生を行う工法として、ネットで割栗石を包んだポトルユニットを堀に沈める工法を採用する。石垣に接する部分は石垣を毀損しないように土木シートと土のうによる養生を行う。また、外堀の通水性確保のため、600φの通水管を3カ所設ける。

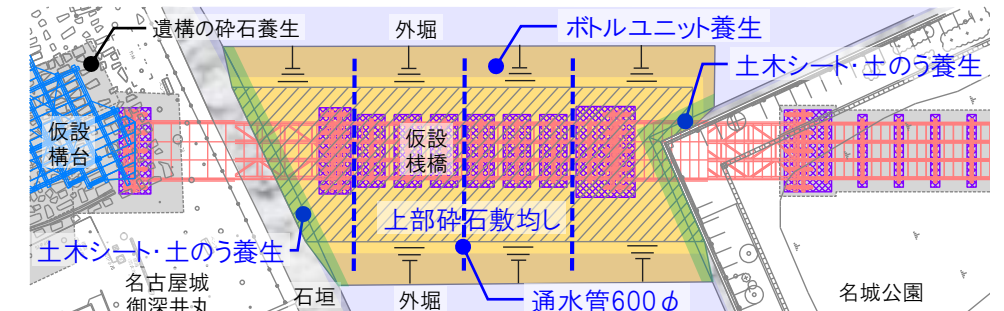


図2-3-7 仮設構台とポトルユニットによる外堀養生(平面図)

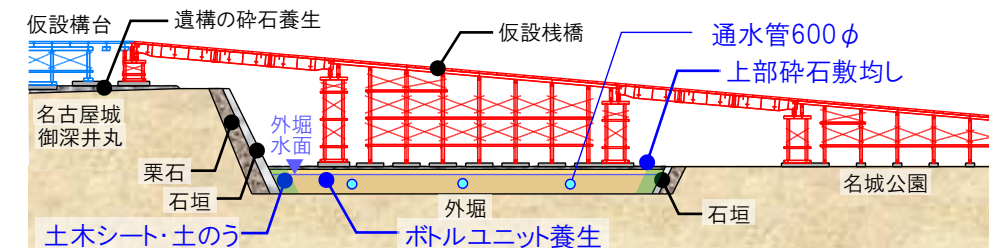


図2-3-8 仮設構台とポトルユニットによる外堀養生(断面図)



図2-3-9 ポトルユニット(単体)とポトルユニットによる埋め立て構台の例

(4) 現天守閣解体後の石垣天端保護と雨水対策

天守閣解体後は、降雨時に天守台天端から石垣背面に雨水が回り込み、背面の水圧上昇等、石垣に影響を及ぼす恐れがある。大量の雨水が石垣背面に浸透しないように、土木シートで養生した上に防水シート養生を行う。また、穴蔵内部に集まる雨水については、地下1階の土間上にシート養生し、現天守閣の基礎ピットを排水釜場として水中ポンプ(バックアップ用ポンプも用意)で南側内堀側へ排水する。

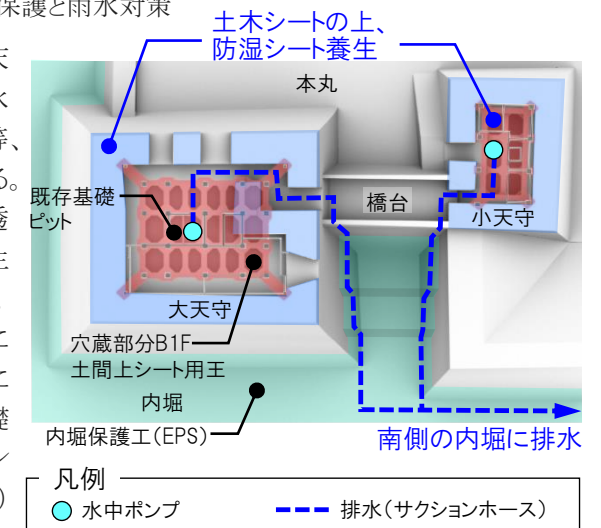
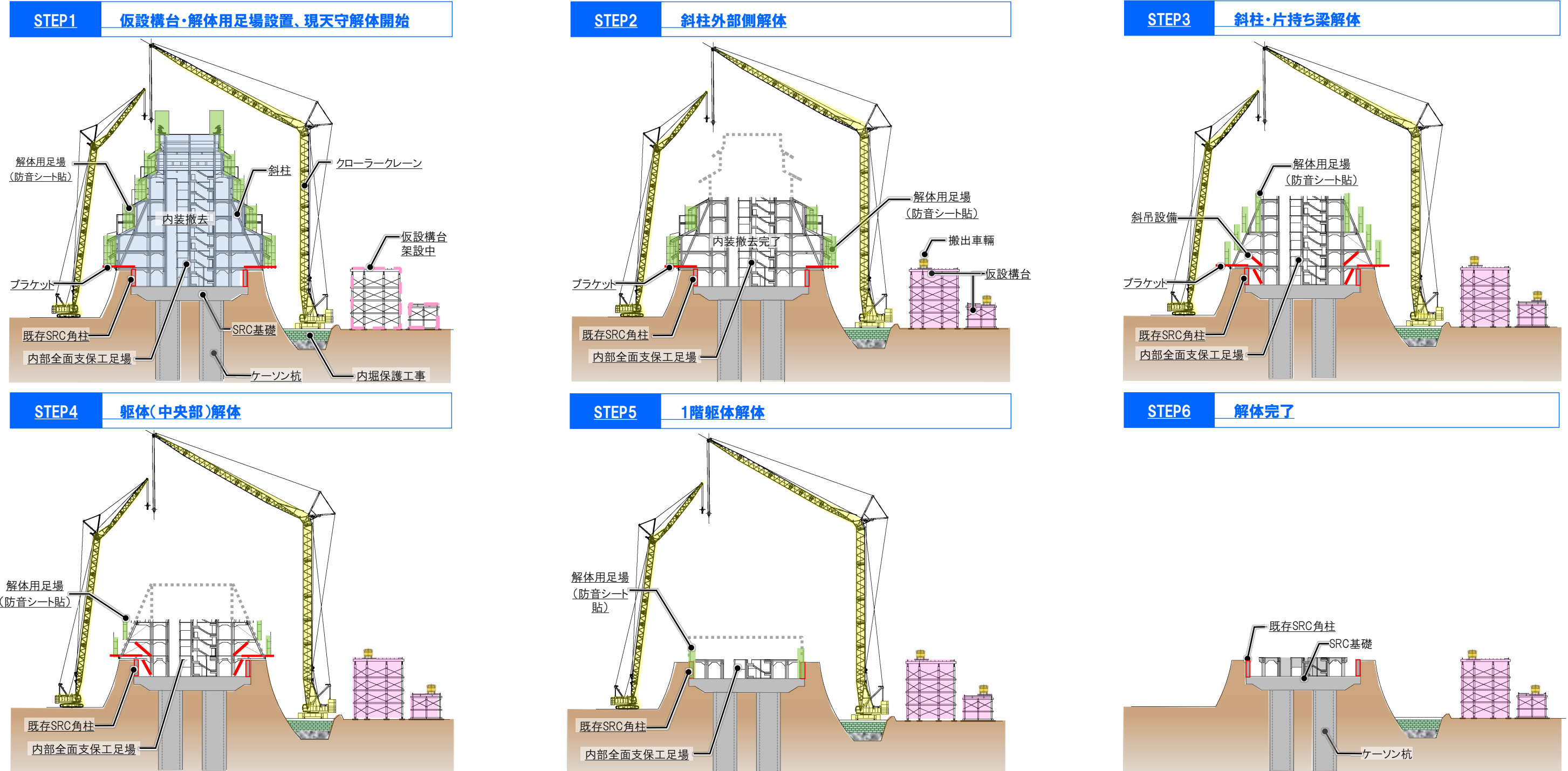


図2-3-10 現天守閣解体後の石垣天端保護雨水対策

1-1-4 現天守閣解体工事工程表

工程	内容	2019年度												2020年度												2021年度											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
仮設	史跡内	準備工事(仮囲い・史跡養生・伐採等)																																			
	内堀保護工事	[Blue Bar]																																			
	外堀養生・仮設棧橋工事	[Blue Bar]																																			
	仮設構台設置工事	[Blue Bar]																																			
史跡外	史跡外準備工事	[Blue Bar]																																			
解体	外部EV解体工事													[Pink Bar]																							
	外部ブラケット・足場設置工事													[Pink Bar]																							
	大天守閣・小天守解体工事													[Pink Bar]																							

1-1-5 現天守閣解体工事ステップ



1-1-6 跳ね出し躯体の解体方法

現天守閣は躯体の荷重を石垣にかけずに、全て天守台中央部分に沈埋したケーソンを介して支持層地盤に伝達される架構となっている。そのため、穴蔵から外側へ跳ね出した1階から3階までの躯体は、斜めの鉄骨鉄筋コンクリート柱により5階躯体から吊る構造となっている。

現天守閣を上階から順番に解体し、4階躯体を解体するときに斜め柱を切断すると下部の跳ね出し躯体を支持する架構がなくなるため、その荷重を支える仮設の架構が必要となる。

本計画では解体建物の躯体から跳ね出し躯体の荷重を支える仮設支持材を設置し、石垣に解体建物の荷重をかけずに安全に解体を行う計画とする。また、万が一、跳ね出し梁が切断途中で落下するようなことがあっても、石垣に大きな衝撃が加わらないように、EPSによる緩衝材を設置する。

外部足場については、外部ブラケットを設置し、既存躯体から支持する形式とし、石垣に直接足場荷重をかけずに工事を進める計画とする。

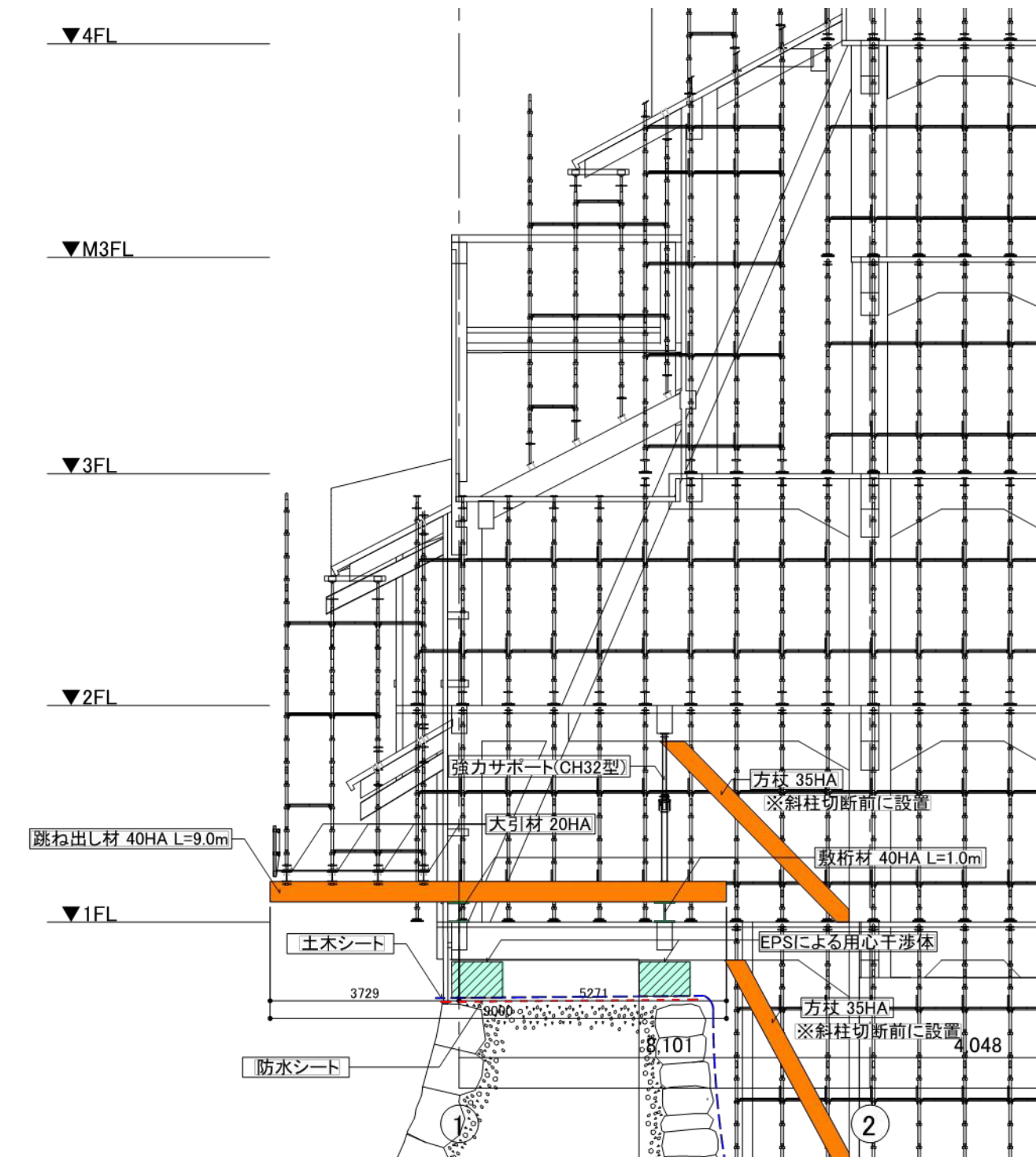


図2-5-1 跳ね出し躯体支持部材と外部ブラケット足場 断面図

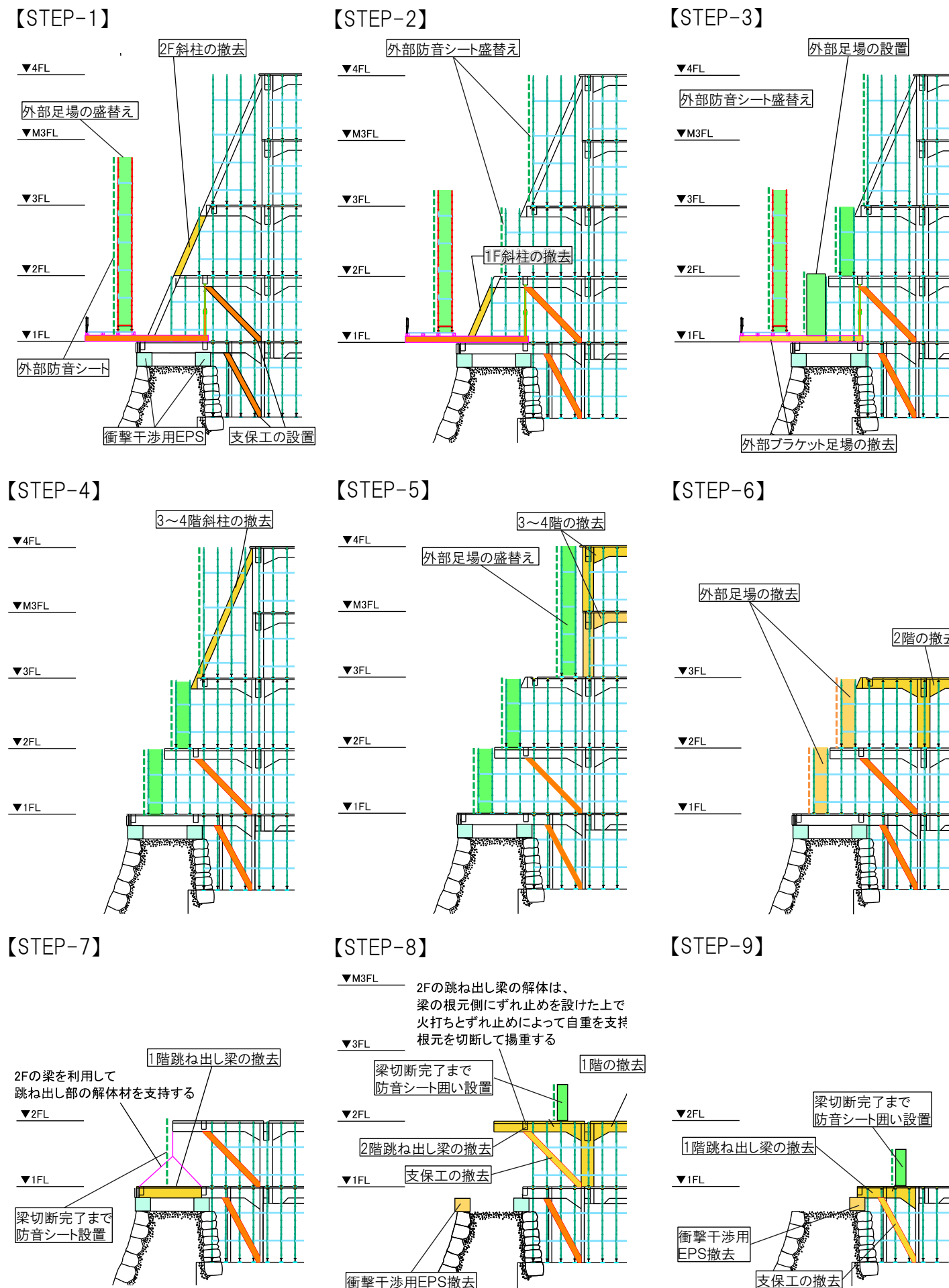


図2-5-2 外周跳ね出し部の解体ステップ図

現天守閣解体に伴う天守台石垣への影響が懸念される項目として、以下に示す内容について解析を行い、その影響の度合いを確認して対策を講じて工事を行うものとする。

- 1. 現天守閣解体に伴う除荷による地盤のリバウンド(浮き上がり)による石垣、遺構への影響
- 2. 現天守閣解体工事に伴う工事振動による石垣への影響
- 3. 現天守閣解体工事に必要な仮設物の設置による地盤変状による石垣、遺構への影響
 - (1) 大天守閣北側の内堀内および本丸内への重機設置と御深井丸への仮設構台設置による石垣、遺構への影響
 - (2) 鶴の首から内堀内および小天守西側石垣への工事車両通行および重機・仮設構台設置による石垣、遺構への影響
 - (3) 外堀養生と仮設栈橋設置による石垣、遺構への影響

1-2-1 現天守閣解体に伴うリバウンドの影響評価

(1) 現天守閣解除荷による天守台石垣への影響検証

現天守閣を解体した場合、大きな除荷が発生する。現天守閣の荷重はケーソンを伝って地盤に支持されており、除荷された場合は地盤が浮き上がろうとするため、その影響の検証が必要となる。

[検討内容]

現天守閣の解体に伴い、建物荷重が除荷された結果、リバウンドが生じ、石垣に影響を及ぼすことが考えられることから、大天守において弾性地盤を仮定した多層近似解法*を用いたリバウンド量の試算をおこなった。試算は大天守のケーソンの先端部分となる深度(GL-26.6m)において除去される建物荷重12,000ton(基礎を含む。上部約8000t、下部約4000t)を除荷した場合の地盤のリバウンド量として算出しており、ケーソンと地盤との周面摩擦による荷重伝達は考慮していない。なお、周面摩擦等を考慮した場合、地盤の変形曲線はより緩やかになるため、石垣への影響は更に軽減されることが考えられる。

[検討結果]

大天守において建物荷重を除荷した場合、支持地盤が上方に浮上る現象が生じ(以下、リバウンド)、ケーソン先端の深度(GL-26.6m)の地盤において最大約7cm、ケーソン外端の位置で約2cmのリバウンドが生じる結果となる。一方、石垣上端の位置でのリバウンド量は約1mm、石垣根入れ部の位置ではさらに小さい値となるため、建物荷重の除荷による地盤のリバウンドによる石垣の構造安定性に対する影響は軽微なものと考えられる。(図3-1-3)

*多層近似解法とは、半無限弾性体における弾性解を多層地盤に適用した近似解法で、地盤の鉛直変位は、各土層上下端の鉛直変位を半無限弾性体の表面に長方形等分布荷重が作用した場合における長方形隅角部の変位として計算した値から層別変位を求め、層別変位の和として求められる。

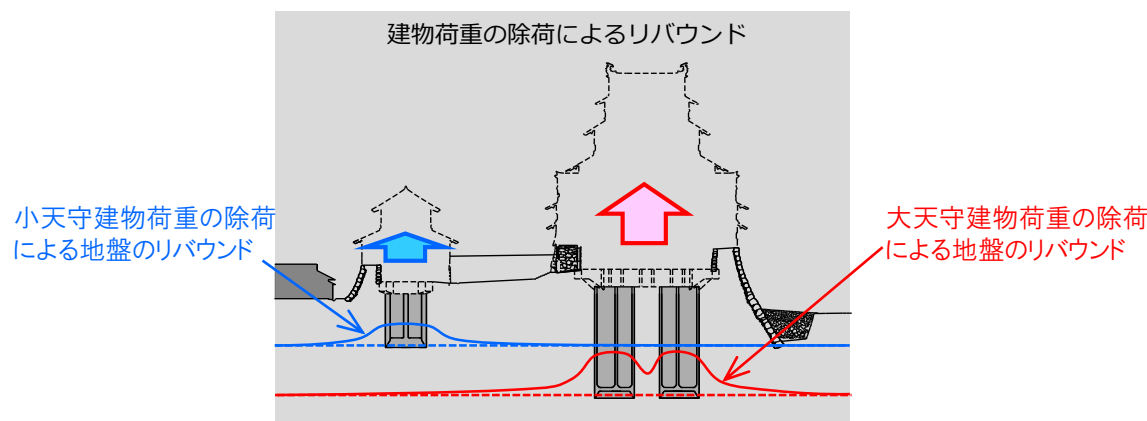


図3-1-1 リバウンドの概念図

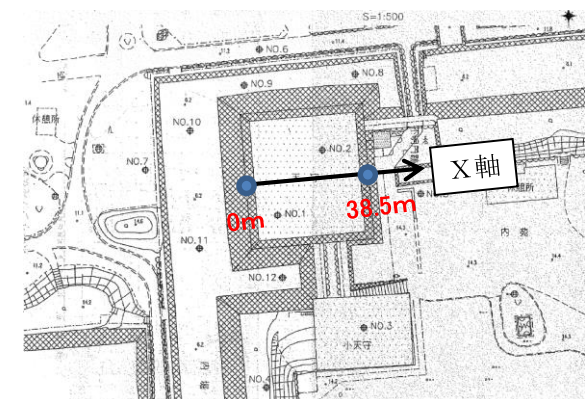


図3-1-2 リバウンドの試算位置(大天守)

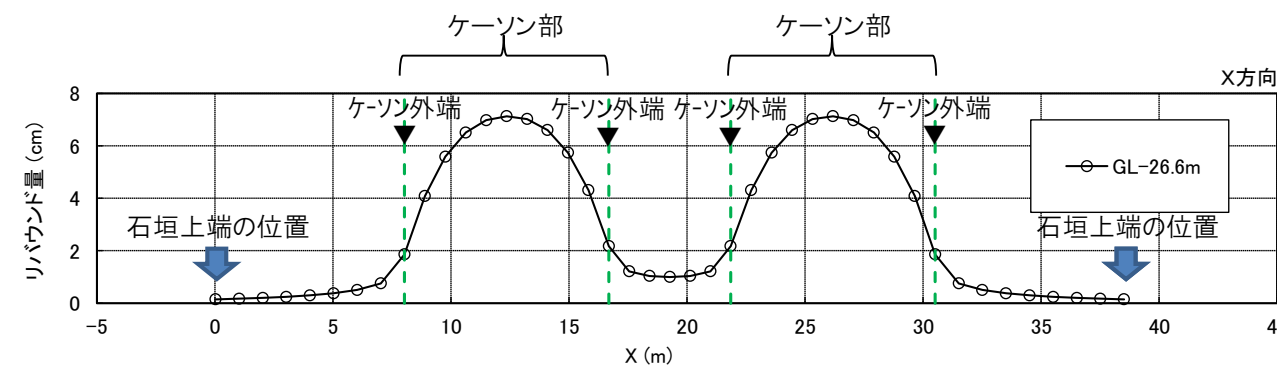


図3-1-3 多層近似解法によるリバウンドの試算結果(大天守)

(2) リバウンド影響への対策

現状ではリバウンドの影響については対策は必要ないと考える。

ただし、工事期間中は石垣のモニタリングを行うものとする。モニタリングは有識者に意見を伺い、具体的な計画を策定する。基本として石垣変動のバイオリズムを事前把握の上、石垣の変状発生の目安とする。また、割れている築石や孕み部分は計測対象として監視する。仮設構築物設置による影響を最も受ける部分(軽量盛土下部、軽量盛土上部)にも計測点を設けて監視する。

なお、石垣モニタリングを実施するにあたり、事前に管理値を設定し、孕み出し等、大きな変状が発生した場合には大型土のうによる押さえ込み等、必要な対策についても想定しておき、常時対応できる体制を整えておくものとする。

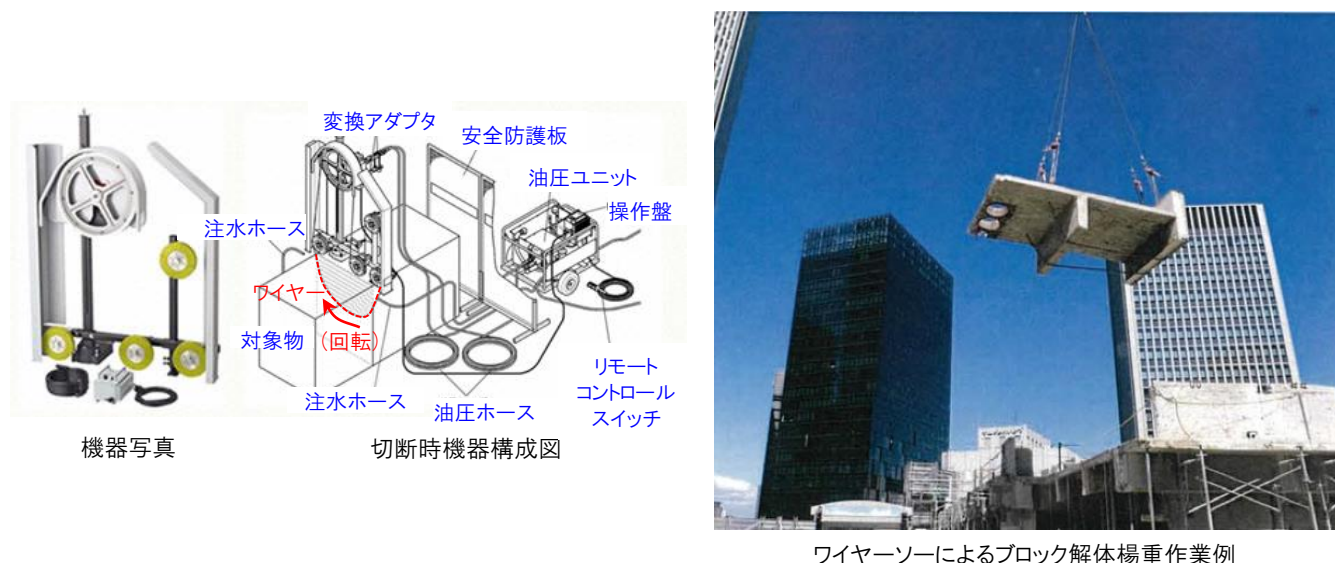
1-2-2 工事振動による天守台石垣への影響評価と対策

(1) 振動による天守台石垣への影響を軽減する工法

現天守の解体時に、解体片の落下による石垣や遺構の毀損を回避するとともに、石垣への振動影響を低減するため、大きな振動を与える一般的なブレーカーを使用する解体方法ではなく、発生振動の小さい切断工法(ワイヤーソー工法・ウォールソー工法)によるブロック解体を採用する。

1) ワイヤソー工法(切断工法)

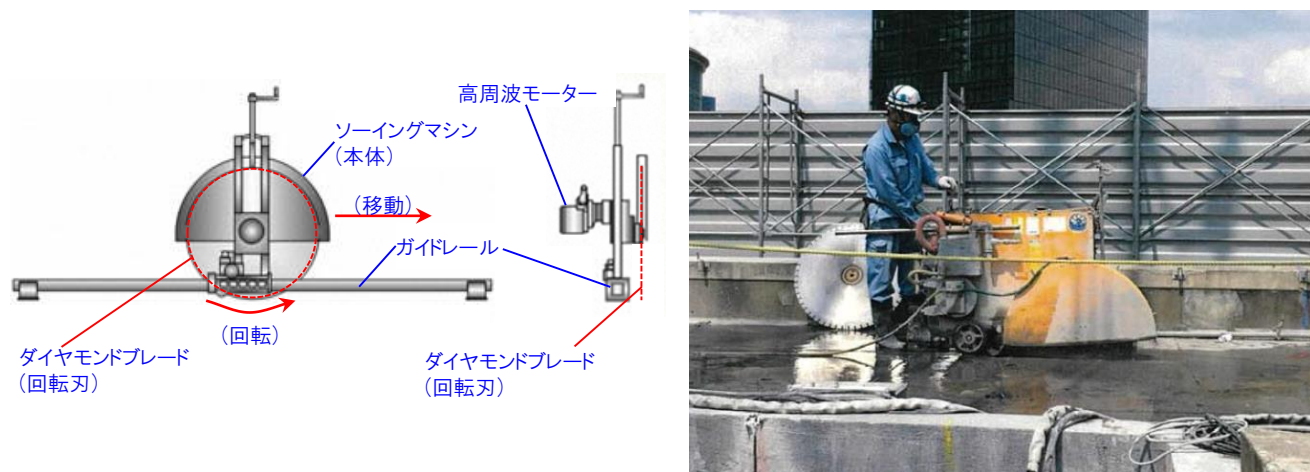
ダイヤモンドビーズをはめ込んだワイヤーを切断対象物に巻き付けて駆動機により張力を与えながら高速回転させて対象物を切断する工法である。ワイヤーソーは屈曲性に優れており複雑な形状物、高所等あらゆる場所で現場条件に合わせた施工が可能である。切断作業は低騒音、低振動、低粉塵である。



ワイヤーソーによるブロック解体揚重作業例

2) ウォールソー工法(切断工法)

切断計画面にガイドレールを設置し、ダイヤモンドブレードのセットされたソーイングマシンがガイドレールを移動しながら高周波モーターにより対象物を切断する工法である。ガイドレールを使用するため、ガイドレールに沿った正確な位置と設定厚さで切断が可能である。切断作業は低騒音、低振動、低粉塵である。



ウォールソーによる切断状況例

(2) 石垣に影響を与える振動レベル

振動が石垣に与える影響について、許容値が明確でないため、表3-2-1に示す「気象庁震度階級と振動レベルの比較」を参考に、振動を地震における震度階級に置きなおして考察を行った。また、過去の名古屋城における地震による被害記録より、震度4程度では大きな被害が出ていないことが分かるが、間詰め石等の落下記録まではないことから、工法の選定にあたっては大型重機移動の際の振動を考慮して、安全側の判断として震度1程度以下の振動レベルに押さえることとした。

この基準を満たす工法として、振動レベルが60dB以下となるコンクリート圧砕機やコンクリートカッター(ワイヤーソーを含む)が挙げられる。

表3-2-1 気象庁震度階級と振動レベルの比較 (出典:(財)日本環境協会)

振動レベル (デシベル)	震度階級	被害損傷の状況
		人間
110以上	7	揺れに翻弄され、自分の意志で行動できない
105~110	6	立っていることが困難になる
95~105	5	多くの人が、行動に支障を感じる
85~95	4	一部の人は、身の安全を図ろうとする
75~85	3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる
65~75	2	屋内にいる人の多くが揺れを感じる
55~65	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる
55以下	0	人は揺れを感じない

表3-2-3 名古屋城の地震被害記録(愛知県防災局HPより)

名古屋城における、主な被害記録を「名古屋市史」「愛知県災害誌」から抜き出してみると、石垣や土塀の崩壊が多く発生しています。

寛文9年(1669)地震	石垣が少し崩れた(災害誌)
宝永4年(1707)宝永地震	土塀、櫓はほとんど損傷した(市史)
享和2年(1802)地震	本町門の石垣崩壊(災害誌)
嘉永7年(1854)安政東海・南海地震	三の丸の門、高塀などが倒壊し、武家屋敷147ヵ所も損壊が見られた(市史)
明治24年(1891)濃尾地震	本丸・深井丸・二之丸周囲の石垣上の多門櫓は壁、屋根等に大損害を受けた(災害誌)

(3) 工法の選定と対策

図3-2-2に切断工法、図3-2-3に大型ブレーカー工法による振動予測例を示す。

地階解体時の直近の石垣における振動レベルは、ワイヤーソーを用いた切断工法では49dB(震度0)と予測される。一方、大型ブレーカー工法では87dB(震度4)が予測される。以上より、解体工事は切断工法によるブロック解体を採用する。

振動影響対策として工法選定のほかに、工事中は振動計を設置して振動が管理値内であることを常時計測しながら工事を行い、管理値は大型重機の移動時も配慮して震度1以下とするために上限を60dBとする。なお、現天守は耐震性能が不足している建物であり、そこで行う工事であることから、労働安全衛生法等関係法令に基づき、作業員等の安全確保のための対策を講じるものとする。

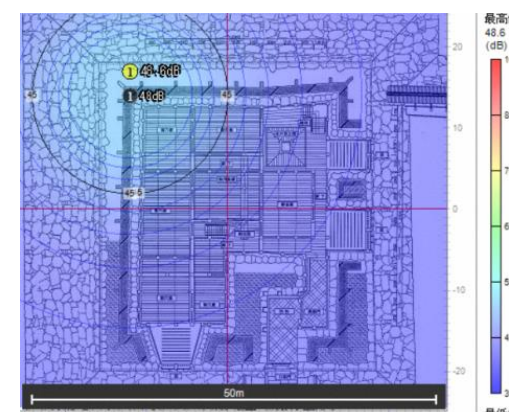


図3-2-2 切断工法の振動予測 振動レベルの予測値 49dB(震度0)

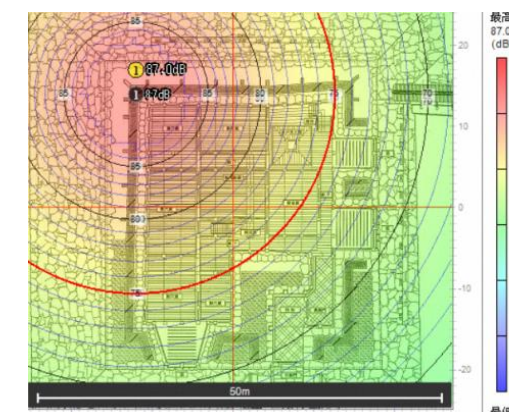


図3-2-3 大型ブレーカー工法の振動予測 振動レベルの予測値87dB(震度4)

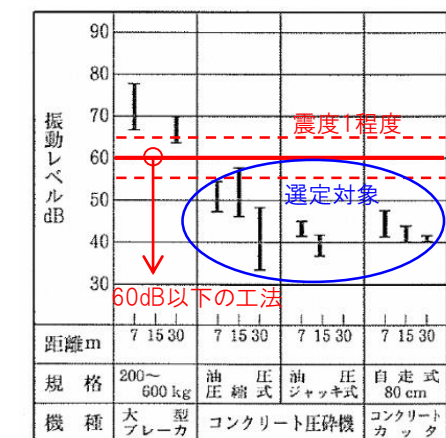


図3-2-1 解体工事による振動レベル例

表3-2-2 名古屋近傍の震度4以上の地震と名古屋城被害 (気象庁地震データベースより)

地震の発生日	震央地名	M	名古屋最大震度	名古屋城における地震被害情報の有無
1 1923/9/1 11:58	神奈川県西部	M7.9	4	無
2 1927/3/7 18:27	京都府北部	M7.3	4	無
3 1944/12/7 13:35	三重県南東沖	M7.9	5	無
4 1945/1/13 3:38	三河湾	M6.8	4	無
5 1946/12/21 4:19	和歌山県南方沖	M8.0	4	無
6 1948/6/28 16:13	福井県嶺北	M7.1	4	無
7 1952/7/18 1:09	奈良県	M6.7	4	無
8 1971/1/5 6:08	遠州灘	M6.1	4	無
9 1997/3/16 14:51	愛知県東部	M5.9	4	無

1-2-3 仮設物等設置に伴う天守台石垣への影響検証と対策

(1) 大天守閣北側の内堀および本丸内への重機設置と御深井丸への仮設構台設置による石垣、遺構への影響検証

1) 影響の検証

[検討内容]

構台や重機等の仮設物の設置等、現天守閣解体工事が内堀内の遺構および石垣に与える影響についてFEMによる解析により検討した。解析は下図に示すFEM解析モデルを用い、地盤条件は近隣及び既存ならびに今回の地盤調査に基づき定めた。内堀の表層には試掘調査とボーリングデータから、100cmの2次堆積土が存在するものとした。

[検討結果]

解析結果として、図3-3-4、3-3-5に沈下の影響度合い(コンター図)、図3-3-6に沈下量、図3-3-7に変形勾配を示す。

内堀の遺構面(堀底-100cm付近)について、沈下量は最大1.7mm、変形勾配は最大0.28/1000以下となった。これは、建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値である1/1000~2/1000と比べて軽微であり、影響は極めて軽微と考えられる。

内堀の天守台石垣においては、石垣根入れ部の沈下は最大1.1mm、変形勾配は最大0.28/1000以下であり、仮設物設置による石垣への影響は極めて軽微なものと考えられる。また、石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比較しても極めて軽微なものと考えられる。

御深井丸側の石垣において位は、石垣根入れ部の沈下は最大1.6mm、変形勾配は最大0.12/1000以下であり、仮設物設置による石垣への影響は極めて軽微なものと考えられる。

本丸側の遺構面の沈下は最大1mm程度であり、天守台石垣についてはほとんど沈下せず、影響は極めて軽微なものと考えられる。

仮設物及び軽量盛土除去によるリバウンドの影響については、現状位置に近づく方向に戻るため、変位量、変形勾配ともに設置時の解析結果よりさらに小さくなるため、影響は極めて軽微なものと考えられる。

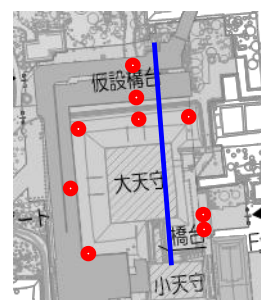


図3-3-1 ボーリング配置図と解析モデル位置

- 解析モデルの断面位置
- ボーリング位置

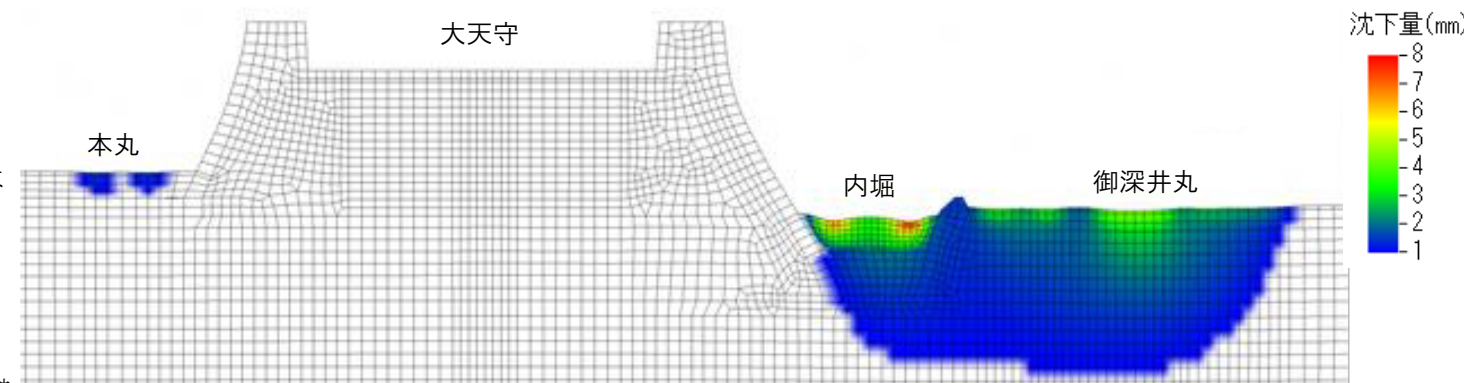


図3-3-4 断面モデルの沈下の影響度合い(全体)

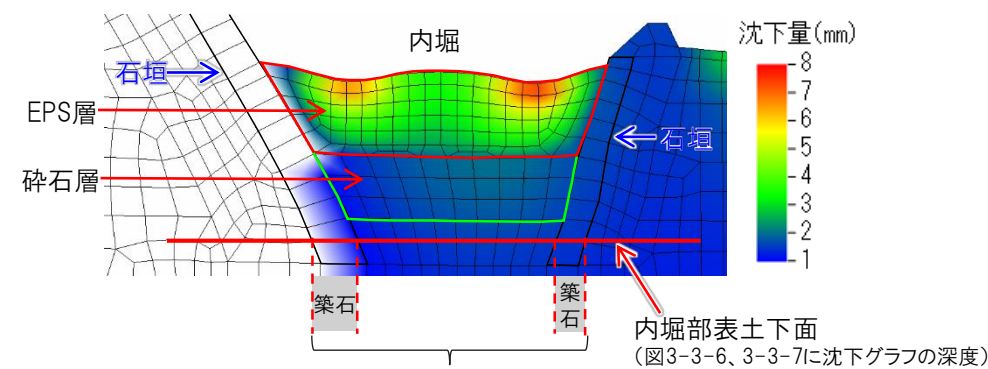


図3-3-6、3-3-7に示す築石の位置

図3-3-5 断面モデルの沈下の影響度合い(内堀部の拡大図)

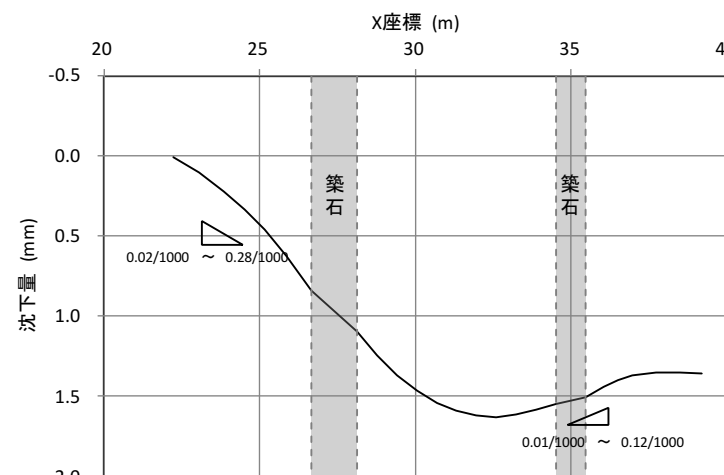


図3-3-6 内堀表土下面の沈下グラフ

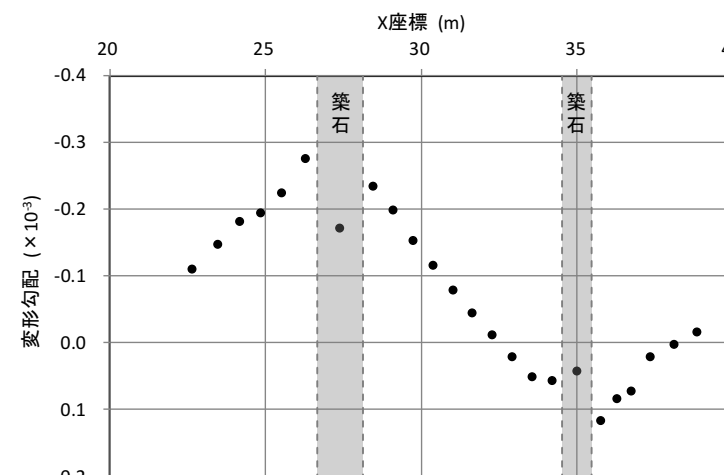


図3-3-7 内堀表土下面の変形勾配グラフ

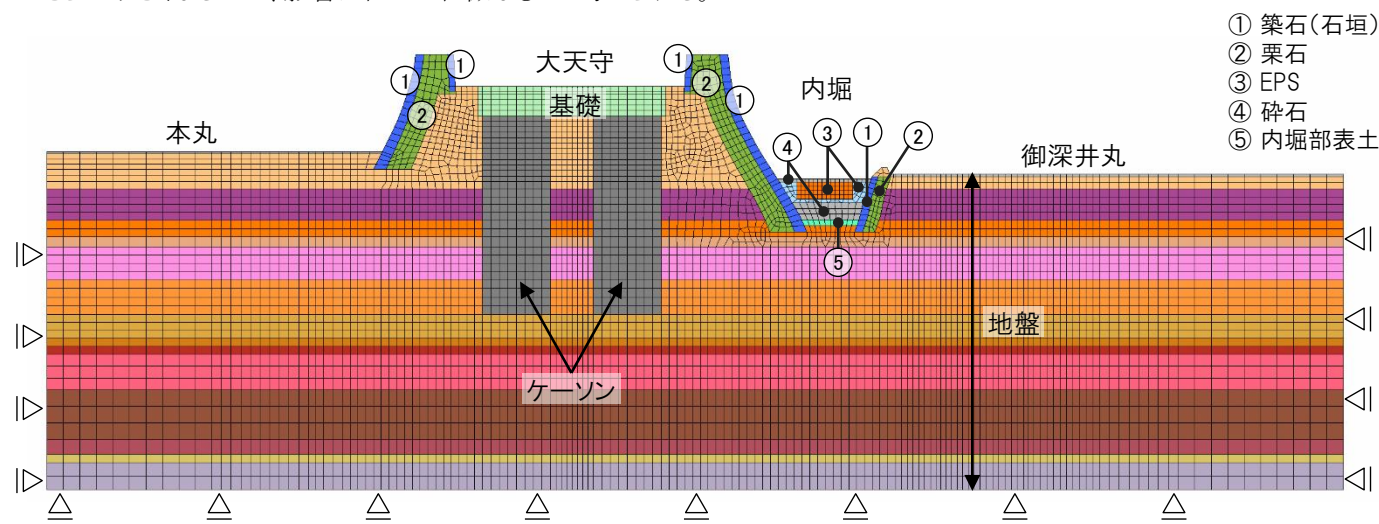


図3-3-2 解析モデル

- ① 築石(石垣)
- ② 栗石
- ③ EPS
- ④ 砕石
- ⑤ 内堀部表土

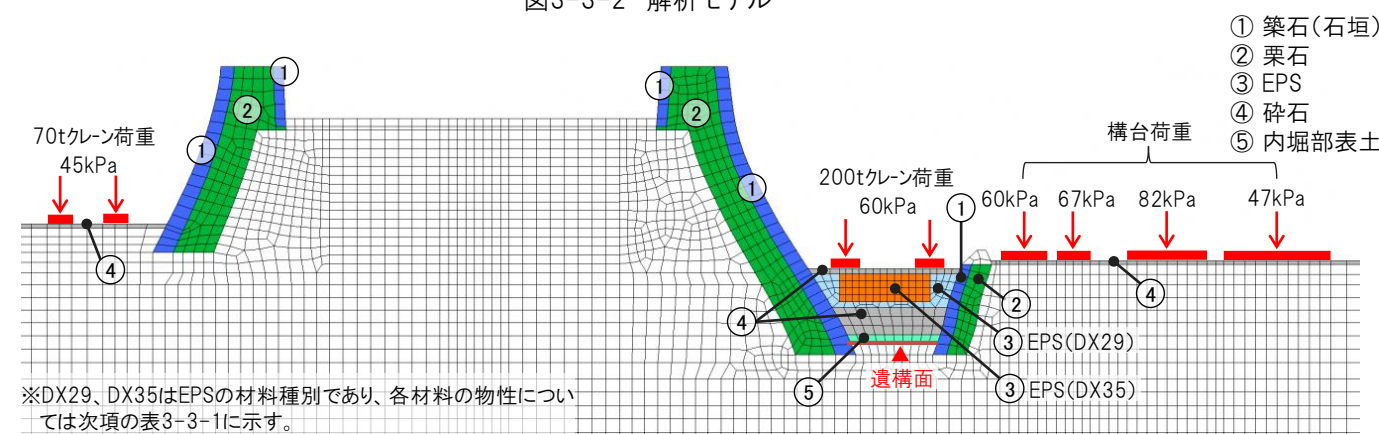


図3-3-3 EPS割付と上載荷重

※DX29、DX35はEPSの材料種別であり、各材料の物性については次項の表3-3-1に示す。

2) 石垣の水平変位

水平変位の影響度合い(コンター図)を図3-3-8に、天守台南側の変形勾配を図3-3-9に、内堀天守台側の変形勾配を図3-3-10に、内堀御深井丸側の変形勾配を図3-3-11に示す。

内堀の天守台側石垣では、中央付近で0.29mm、根石部で1.30mm、石垣の内側に向かうほうに変位する結果となった。また、内堀の御深井丸側石垣では頂部で1.61mm、根石部で0.66mm、石垣の外側に向かうほうに変位する結果となった。

天守台南側の石垣では、頂部で0.64mm、根石部で0.11mm、石垣の外側に向かうほうに変位する結果となった。

石垣に影響を及ぼす変形勾配については、内堀の天守台側石垣では根石より約2m上部で0.18/1000、内堀の御深井丸側石垣では根石より約2m上部で0.13/1000、天守台南側の石垣では根石部で0.15/1000となった。

これらの値はいずれも、石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比較しても極めて軽微なものと考えられる。

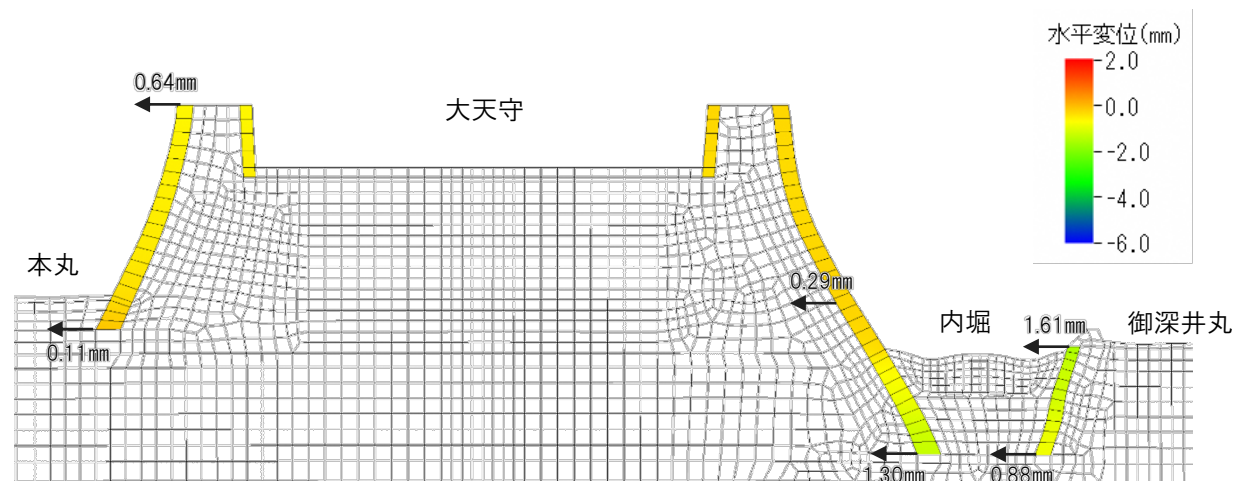


図3-3-8 水平変位の影響度合い(コンター図)

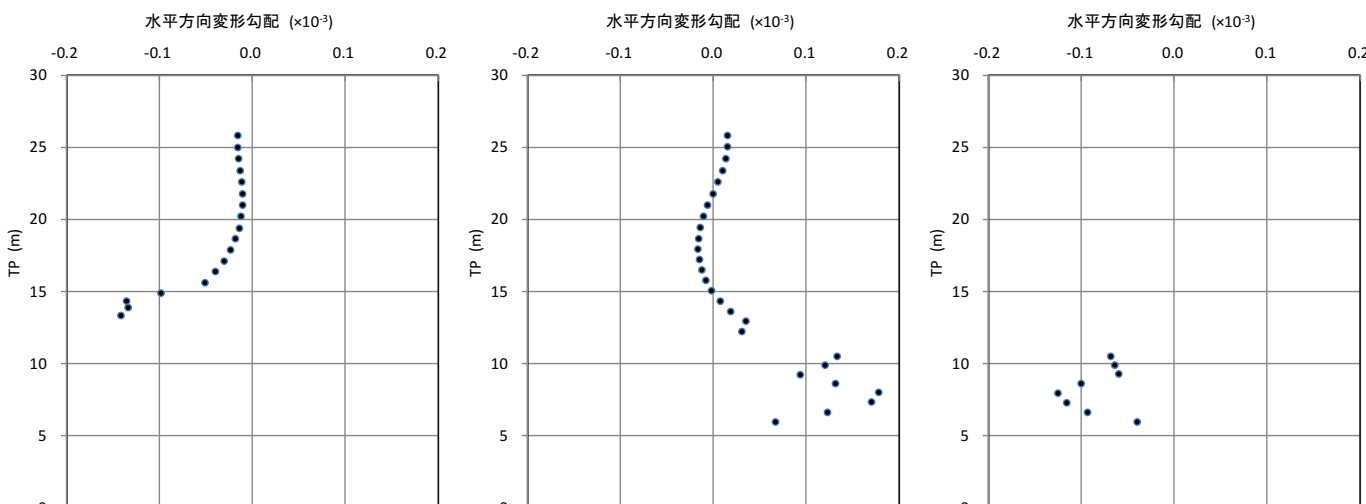


図3-3-9 天守台南側の変形勾配グラフ

図3-3-10 内堀天守台側の変形勾配グラフ

図3-3-11 内堀御深井丸側の変形勾配グラフ

3) 軽量盛土材の材料強度と地盤支持力の検証

[検討結果の応力状態]

EPS層では最大58.4kPa (=58.4kN/m²)程度、遺構面および内堀表土では最大61.3kPa (=61.3kN/m²)程度の鉛直応力が発生することがわかる。また、EPS層でのミーゼス応力は最大で30.1kPa (=30.1kN/m²)である。

※ミーゼス応力とは、鉛直応力とせん断応力から計算される応力

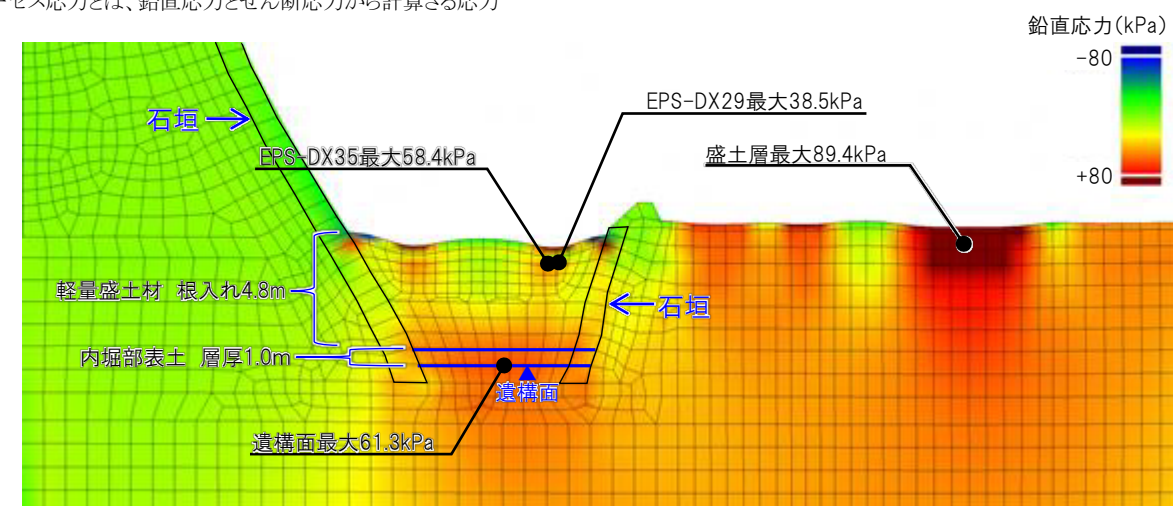


図3-3-12 鉛直応力の影響度合い(コンター図)-(内堀部~御深井丸)

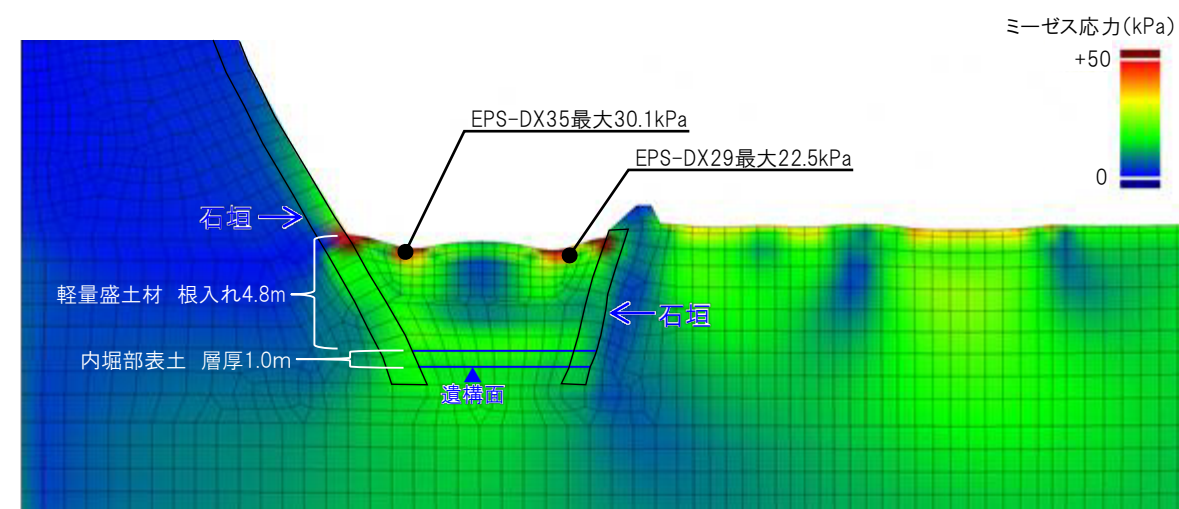


図3-3-13 ミーゼス応力の影響度合い(コンター図)-(内堀部~御深井丸)

[EPSの応力照査]

EPSの支持力は、各材料の最大鉛直応力以上の許容圧縮応力をもつ材料を使用することで満足する。また、せん断応力については、許容圧縮応力/2 ≧ 最大ミーゼス応力となる材料を使用することで満足する。

表3-3-1にEPSの各材料物性と最大発生応力を示す。今回の解析結果より、EPSの各材料強度が条件を満足していることを確認した。

表3-3-1 EPS材料種別毎の各材料物性と最大応力

項目	試験方法	単位	材料種別			
			DX-35	DX-29	D-25	D-20
単位体積重量	JIS K-7222	kN/m ³	0.35	0.29	0.25	0.20
許容圧縮応力	—	kN/m ²	200	140	70	50
品質管理圧縮応力	JIS K-7220	kN/m ²	400以上	280以上	140以上	100以上
許容せん断応力	—	kN/m ²	100	70	35	25
最大鉛直応力	—	kN/m ²	58.4	38.5	—	—
支持力判定	—	—	200 > OK	140 > OK	—	—
最大ミーゼス応力	—	kN/m ²	30.1	22.5	—	—
せん断力判定	—	—	100 > OK	70 > OK	—	—

[内堀部表土下面(遺構面)の支持力について]

内堀部表土下の地盤はN値7程度の砂である。遺構面の根入れが5.8mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 1452.2 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_2 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \text{平均N値} = 7, \quad \text{粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より, } N_c = 23.8, \quad N_\gamma = 9.4, \quad N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ m} \text{ と仮定, } \text{荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, \quad D_f = 4.8 + 1.0 = 5.8 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$1452.2/2 = 726.1 \text{ kN/m}^2 > 61.3 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

[内堀部表土(軟弱粘土層)の絞り出し破壊について]

内堀部の下面には、約100cm程度の表土があり、軟弱粘土層と評価できる。日本建築学会の建築基礎構造設計指針 p.116～118により絞り出し破壊の検討を行った。

$$qu = \alpha \cdot c \cdot (4.14 + (B/2H_c)) = 248.3 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続基礎)、 $c = 32.5 \text{ kN/m}^2 (= qu'/2 = (40+5N)/2, N=5)$ 、 $B = 7 \text{ m}$ 、 $H_c = 1.0 \text{ m}$

遺構面の鉛直応力は 60 kN/m^2 であるから、中期支持力を $qu/2$ とすると、

$$qu/2 = 248.3/2 = 124.2 \text{ kN/m}^2 > 61.3 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して内堀部の表土(軟弱粘土層)は絞り出し破壊を起こさない。

[御深井丸遺構面の支持力について]

御深井丸の遺構面表土のN値7程度のローム混じり砂である。碎石養生の根入れが0.6mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 233.9 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3, \quad \text{平均N値} = 7, \quad \text{粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より, } N_c = 23.8, \quad N_\gamma = 9.4, \quad N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ m} \text{ と仮定, } \text{荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, \quad D_f = 0.6 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$233.9/2 = 116.9 \text{ kN/m}^2 > 89.4 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

3) 結論

軽量盛土材による内堀保護工事により、遺構面、石垣への影響が極めて軽微であることが確認できた。また、材料強度ならびに地盤の支持力についても問題がないことを確認できたので、重機や仮設構台等の仮設物の設置にあたり、内堀の保護として内堀を軽量盛土材で埋め戻す対策を講じて現天守閣解体工事を行うものとする。工事期間中は石垣のモニタリングを行うものとする。モニタリングは有識者に意見を伺い、具体的な計画を策定する。基本として石垣変動のバイオリズムを事前把握の上、石垣の変状の管理値とする。また、割れている築石や孕み部分は計測対象として監視する。仮設構築物設置による影響を最も受ける部分(軽量盛土下部、軽量盛土上部)にも計測点を設けて監視する。すでに孕み出しが確認できている部分には、なお配慮すべき部分として、事前に大型土のうによる側面養生を実施するものとする。

なお、石垣モニタリングを実施するにあたり、事前に管理値を設定し、孕み出し等、変状が発生した場合には大型土のうによる押さえ込み等、必要な対策についても想定しておき、常時対応できる体制を整えておくものとする。

(2) 鵜の首から内堀および小天守西側石垣への重機・仮設構台設置等による石垣、遺構への影響検証

1) 影響の検証

[検討内容]

構台や重機等の仮設物の設置等、現天守閣解体工事が内堀内の遺構および石垣に与える影響についてFEMによる解析により検討した。解析は下図に示すFEM解析モデルを用い、地盤条件は近隣及び既存ならびに今回の地盤調査に基づき定めた。内堀の表層には試掘調査とボーリングデータから、100cmの2次堆積土が存在するものとした。

[検討結果]

全体の解析結果として、図3-3-17に沈下の影響度合い(コンター図)、鵜の首の解析結果として図3-3-18に沈下の影響度合い、図3-3-19、3-3-20に沈下量、図3-3-21、3-3-22に変形勾配、内堀の解析結果として図3-3-23に沈下の影響度合い、図3-3-24に沈下量、図3-3-25に変形勾配、小天守西側の解析結果として図3-3-26に沈下の影響度合い、図3-3-27に沈下量、図3-3-28に変形勾配を、それぞれ示す。

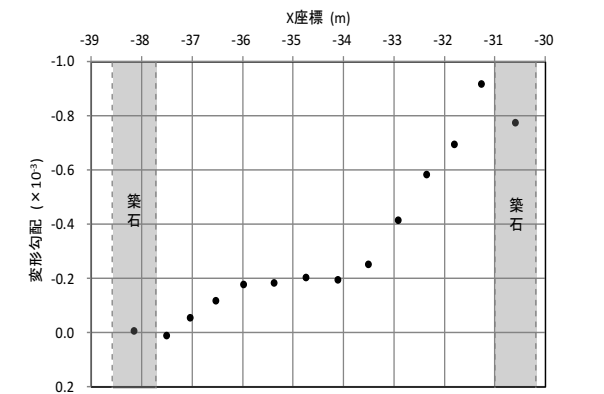
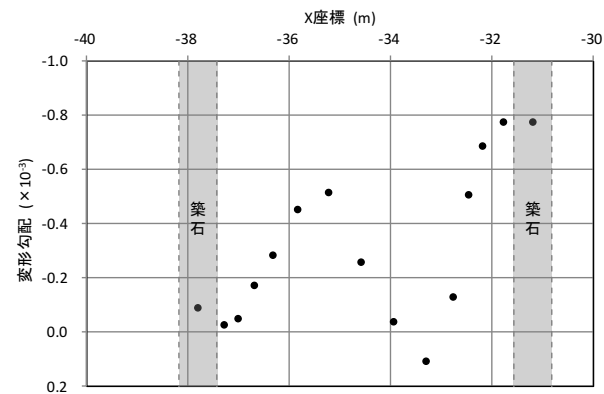
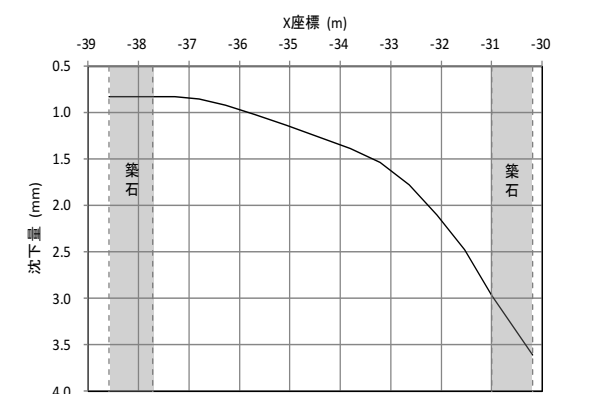
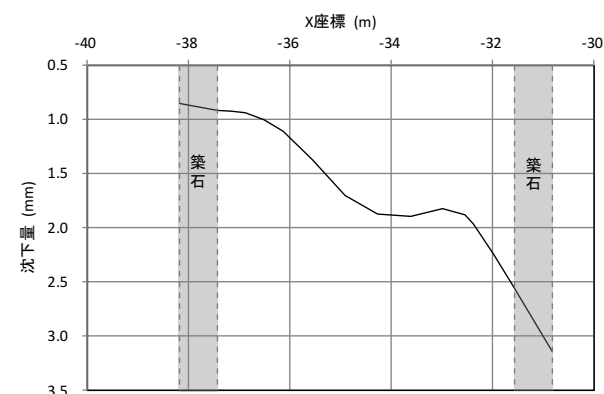
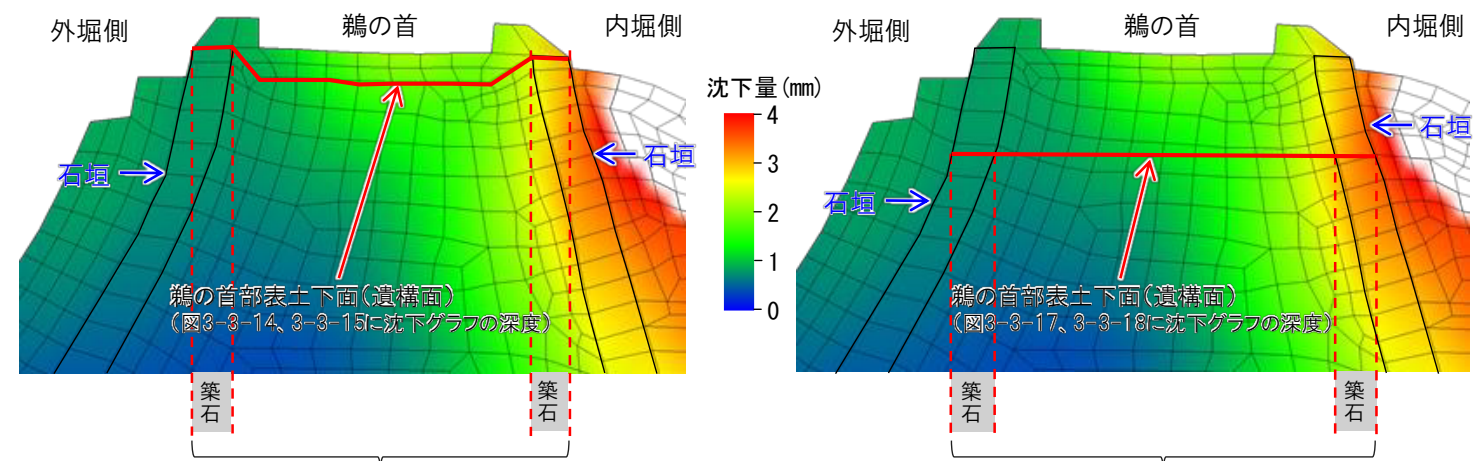
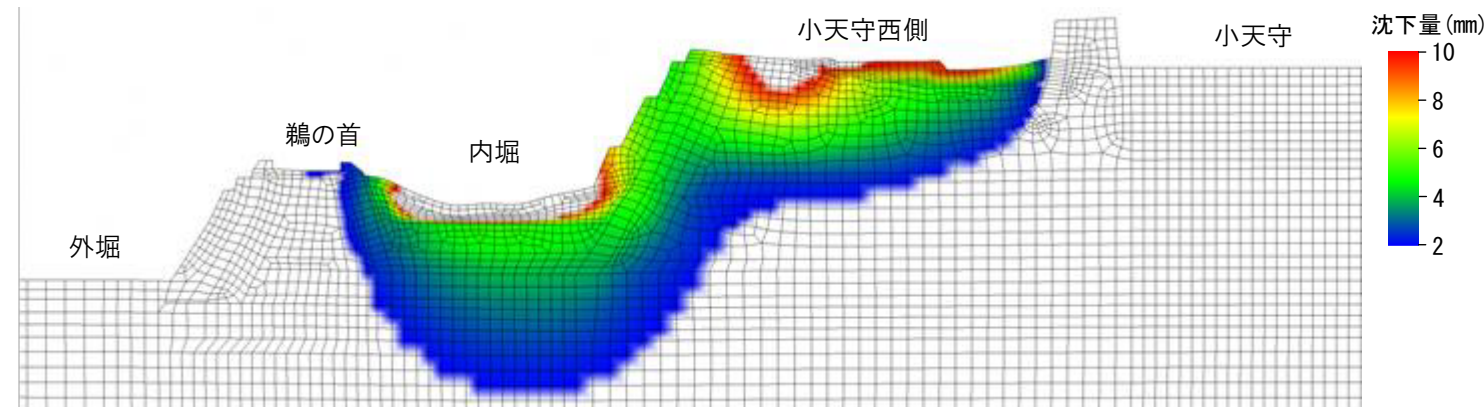
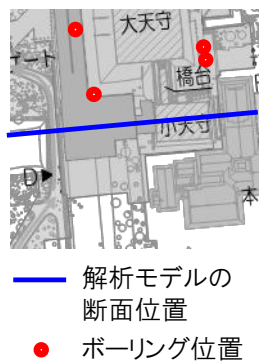
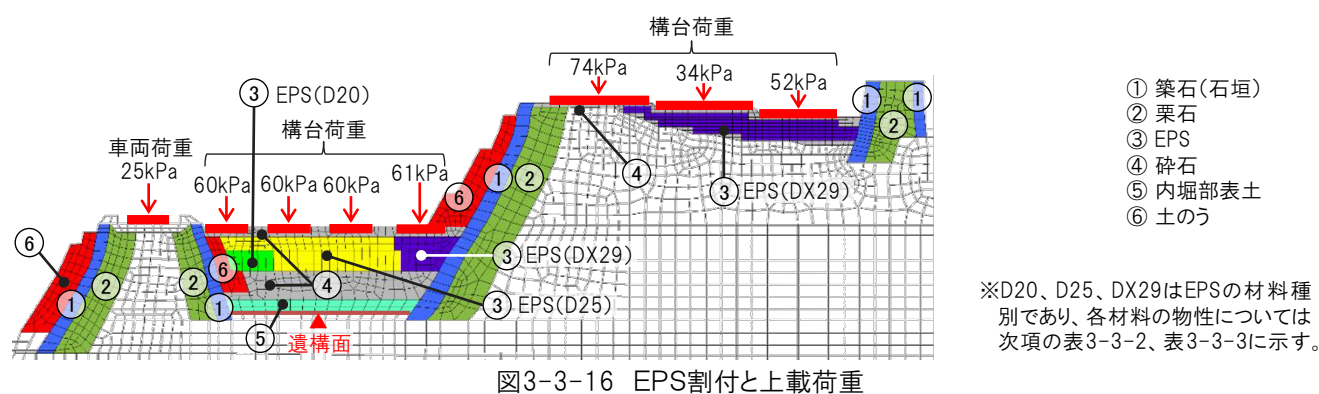
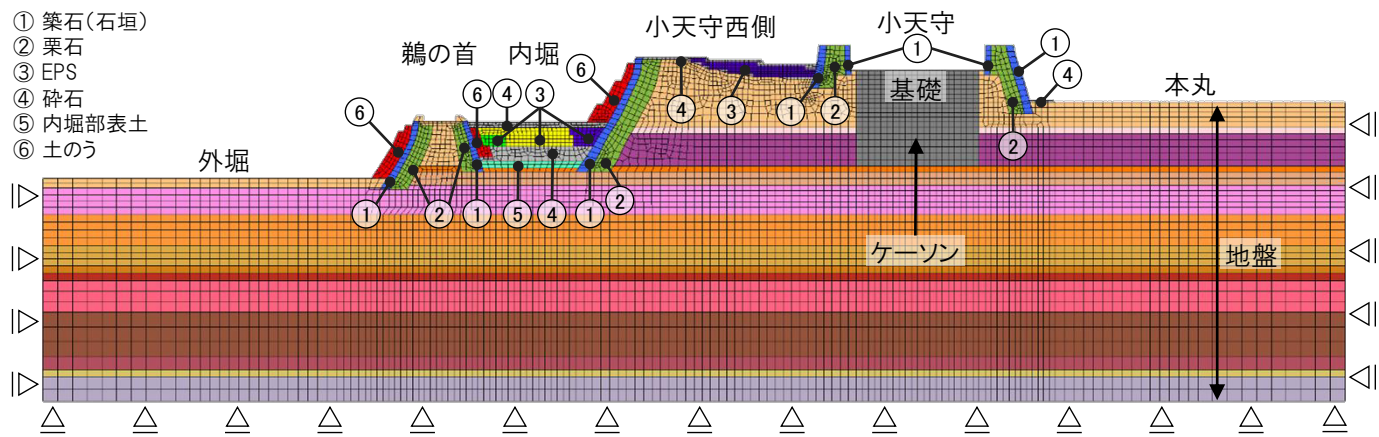
鵜の首の遺構面(表層-60cm付近)について、沈下量は最大2.6mm、変形勾配は最大0.8/1000以下であり、これは、建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値である1/1000~2/1000、あるいは石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比べて小さく、影響は極めて軽微なものと考えられる。

内堀の鵜の首石垣においては、石垣根入れ部の沈下は最大2.8mm、変形勾配は最大0.67/1000以下であり、また、石垣頂部の沈下量は最大3.2mm、変形勾配は最大0.78/1000以下となった。また、石垣が最も沈下するのは鵜の首通路面から約1.9m下がった部分(T.P+9.90)であり、その沈下量は3.6mm、変形勾配は0.92/1000となった。いずれも軽微な変形であり、仮設物設置による石垣への影響は極めて軽微なものと考えられる。

内堀の小天守側石垣においては、石垣根入れ部の沈下は最大3.9mm、変形勾配は最大0.43/1000以下であり、また、石垣頂部においては、沈下量は最大6.0mm、変形勾配は最大1.1/1000以下となり、いずれも仮設物設置による石垣への影響は極めて軽微なものと考えられる。

小天守台の西側石垣の沈下量は最大1.8mm、変形勾配は最大0.7/1000以下であり、仮設物設置による石垣への影響は極めて軽微なものと考えられる。

天守台西側の遺構面(表層-60cm付近)については、沈下量は最大11.2mm、変形勾配は最大1.3/1000となった。これは建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値の範囲内であり、影響は軽微なものと考えられる。



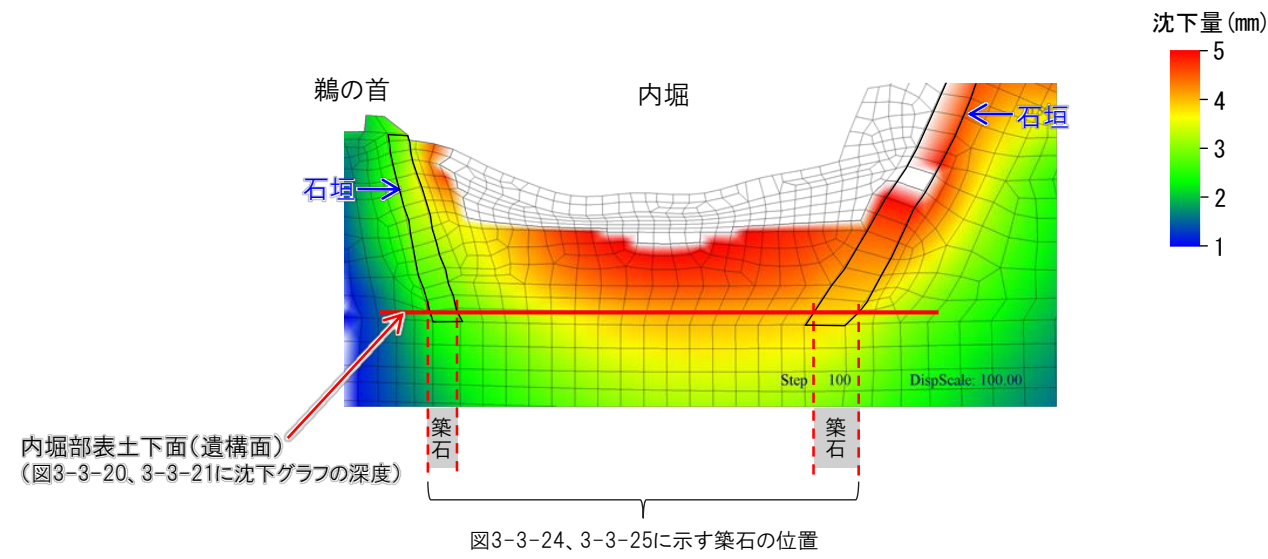


図3-3-23 断面モデルの沈下の影響度合い(内堀部の拡大図)

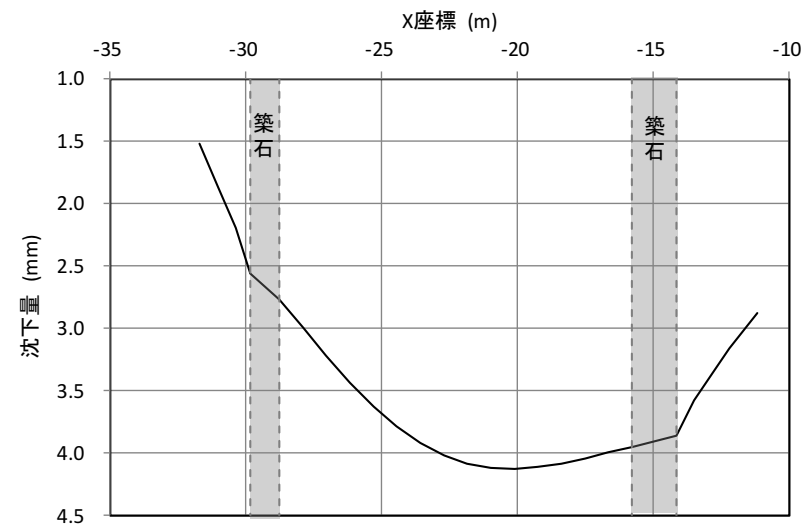


図3-3-24 内堀部表土下面(遺構面)の沈下グラフ

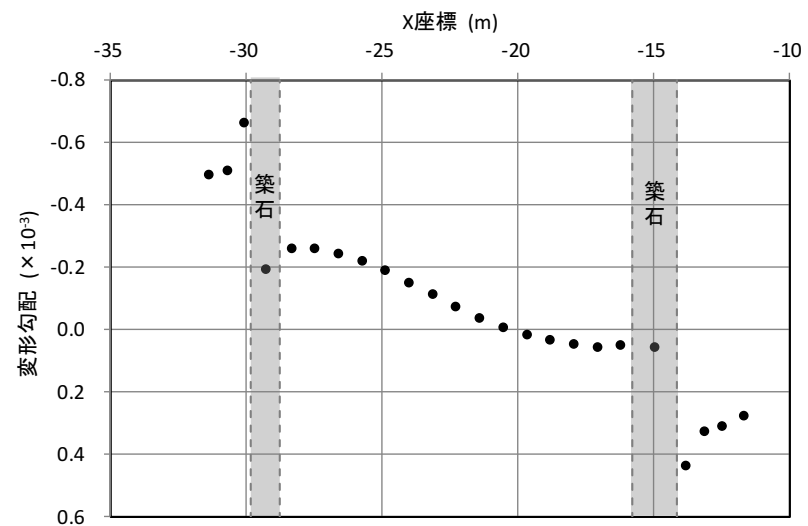


図3-3-25 内堀部表土下面(遺構面)の変形勾配グラフ

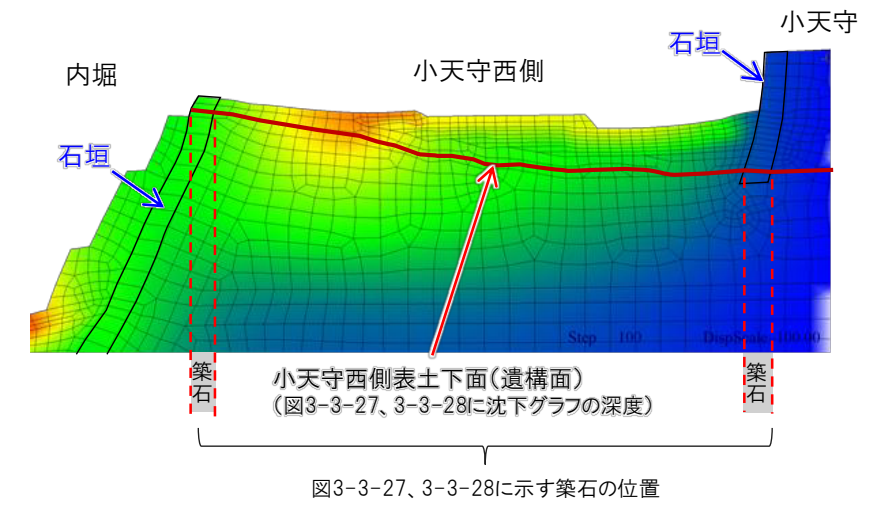


図3-3-26 断面モデルの沈下の影響度合い(小天守西側の拡大図)

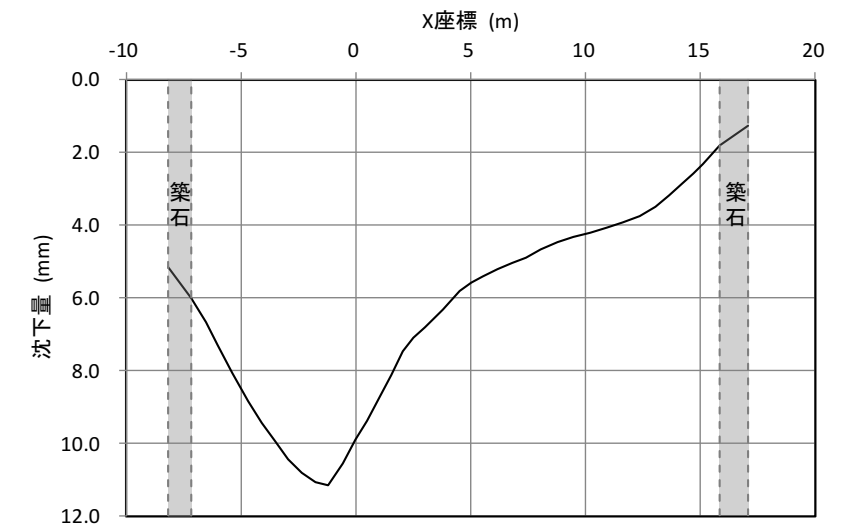


図3-3-27 小天守西側表土下面(遺構面)の沈下グラフ

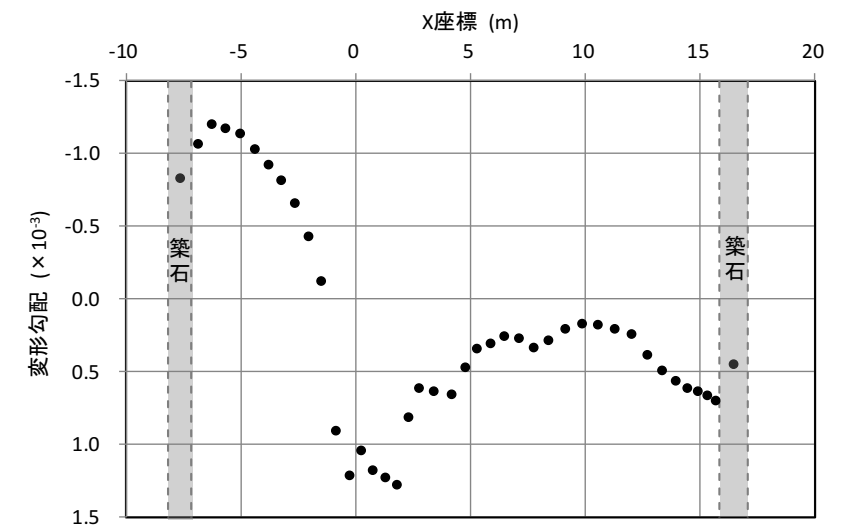


図3-3-28 小天守西側表土下面(遺構面)の変形勾配グラフ

2) 石垣の水平変位

水平変位の影響度合い(コンター図)を図3-3-29に、鵜の首外堀側の変形勾配を図3-3-30に、内堀鵜の首側の変形勾配を図3-3-31に、内堀小天守西側の変形勾配を図3-3-32に、小天守台西側の変形勾配を図3-3-33に示す。

鵜の首の外堀側石垣では、頂部で2.14mm、根石から約4m上部で2.49mm、石垣の外側に向かうほうに変位する結果となった。

内堀の鵜の首側石垣では、頂部で0.13mm、石垣の外側に向かうほうに、根石部では2.42mm、石垣の内側に向かうほうに、それぞれ変位する結果となった。また、内堀の小天守西側石垣では、頂部から約4m下部で5.79mm、根石部で0.66mm、石垣の外側に向かうほうに変位する結果となった。

小天守台の西側石垣では、頂部で0.65mm、石垣の外側に向かうほうに、根石部では1.86mm、石垣の内側に向かうほうに変位する結果となった。

石垣に影響を及ぼす変形勾配については、鵜の首の外堀側石垣では頂部と根石部で0.08/1000、内堀の鵜の首側石垣では頂部で1.25/1000、内堀の小天守西側石垣では根石より約6m上部の内堀保護工天端付近で1.22/1000、小天守台西側石垣では根石より約2.5m上部の現地盤面付近で0.90/1000となった。

これらの値はいずれも、石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比較しても極めて軽微なものと考えられる。

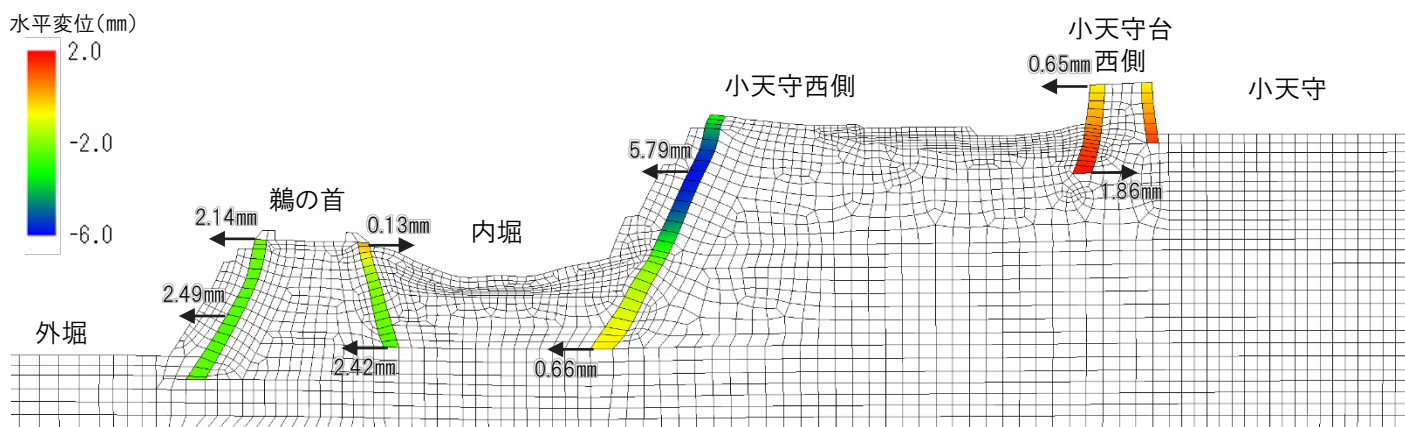


図3-3-29 水平変位の影響度合い(コンター図)

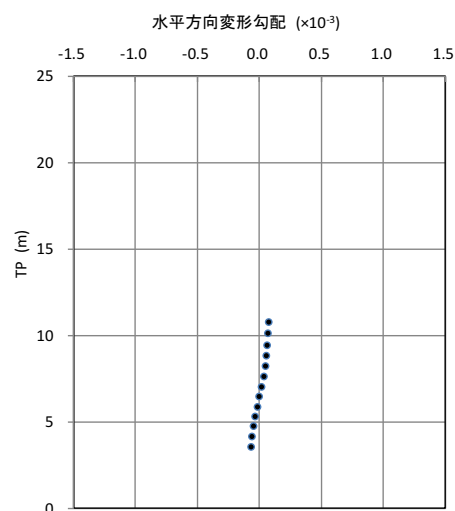


図3-3-30 鵜の首外堀側の
変形勾配グラフ

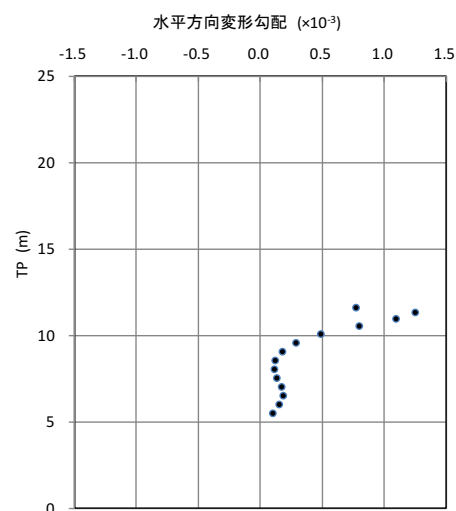


図3-3-31 内堀鵜の首側の
変形勾配グラフ

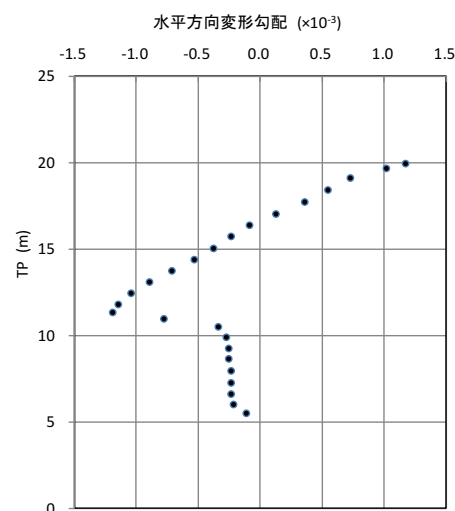


図3-3-32 内堀小天守西側の
変形勾配グラフ

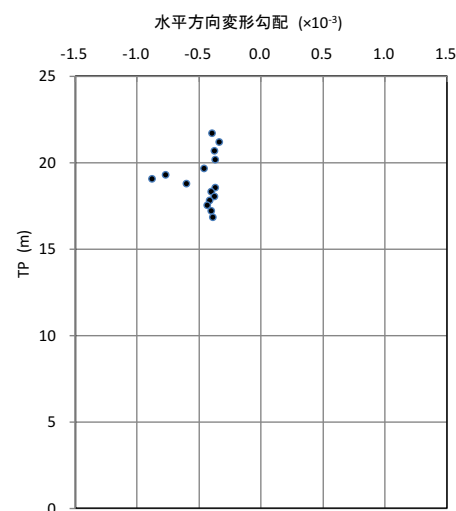


図3-3-33 小天守台西側の
変形勾配グラフ

3) 内堀保護工材料強度と地盤支持力の検証

[検討結果の応力状態]

内堀側のEPS層では最大62.6kPa(=62.6kN/m²)程度、遺構面および内堀表土では最大103.4kPa(=103.4kN/m²)程度の鉛直応力が発生することがわかる。また、EPS層でのミーゼス応力は最大で29.9kPa(=29.9kN/m²)である。

小天守西側のEPS層では最大65.8kPa(=65.8kN/m²)程度、遺構面では最大95.8kPa(=95.8kN/m²)程度の鉛直応力が発生することがわかる。また、EPS層でのミーゼス応力は最大で36.8kPa(=36.8kN/m²)である。

鵜の首における遺構面では最大25.5kPa(=25.5kN/m²)程度の鉛直応力が発生することがわかる。

※ミーゼス応力は、鉛直応力とせん断応力から計算される応力

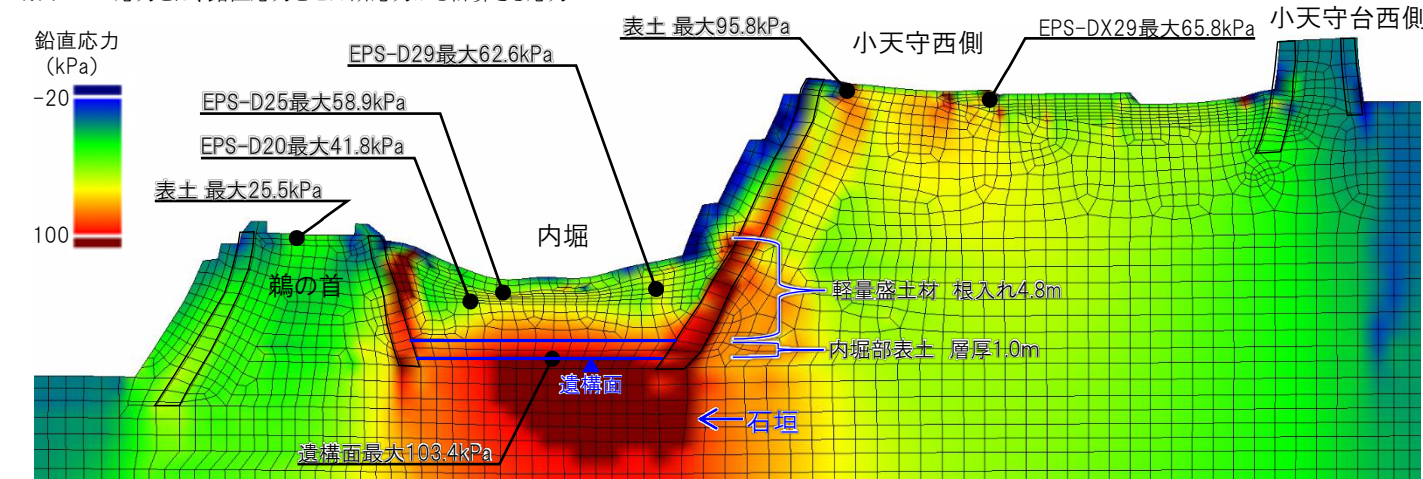


図3-3-34 鉛直応力の影響度合い(コンター図)

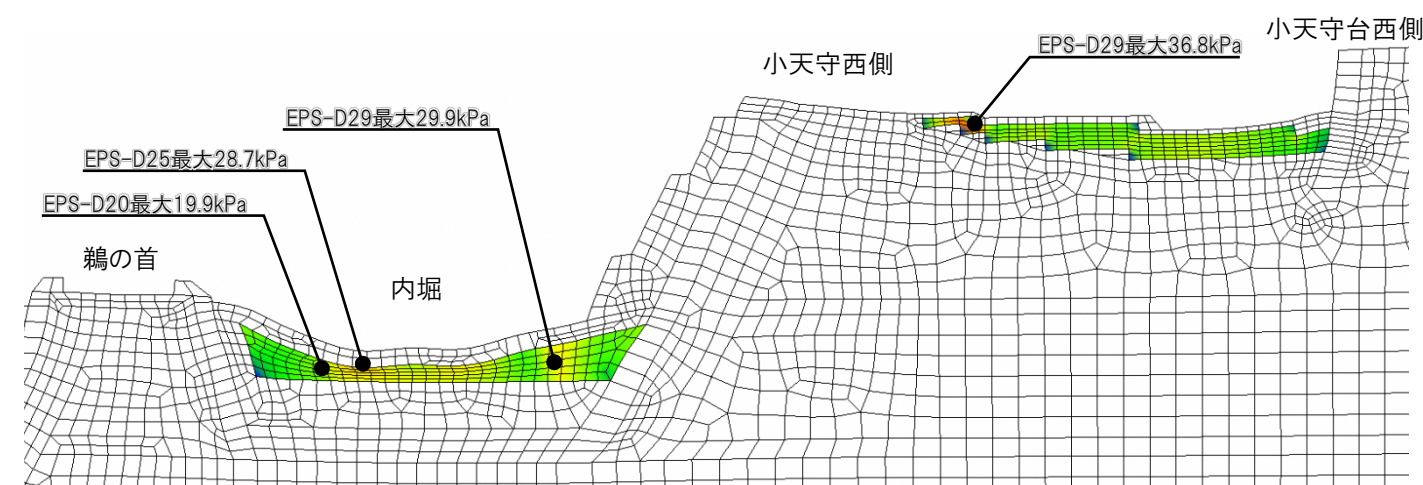


図3-3-35 内堀部のミーゼス応力の影響度合い(コンター図)

表3-3-2 EPS材料種別毎の各材料物性と最大応力(内堀部)

項目	試験方法	単位	材料種別			
			DX-35	DX-29	D-25	D-20
単位体積重量	JIS K-7222	kN/m ³	0.35	0.29	0.25	0.20
許容圧縮応力	—	kN/m ²	200	140	70	50
品質管理圧縮応力	JIS K-7220	kN/m ²	400以上	280以上	140以上	100以上
許容せん断応力	—	kN/m ²	100	70	35	25
最大鉛直応力	—	kN/m ²	—	62.6	60.7	41.8
支持力判定	—	—	—	140 > OK	70 > OK	50 > OK
最大ミーゼス応力	—	kN/m ²	—	29.9	28.7	19.9
せん断力判定	—	—	—	70 > OK	35 > OK	25 > OK

表3-3-3 EPS材料種別毎の各材料物性と最大応力(小天守西側)

項目	試験方法	単位	材料種別			
			DX-35	DX-29	D-25	D-20
単位体積重量	JIS K-7222	kN/m ³	0.35	0.29	0.25	0.20
許容圧縮応力	—	kN/m ²	200	140	70	50
品質管理圧縮応力	JIS K-7220	kN/m ²	400以上	280以上	140以上	100以上
許容せん断応力	—	kN/m ²	100	70	35	25
最大鉛直応力	—	kN/m ²	—	65.8	—	—
支持力判定	—	—	—	140 > OK	—	—
最大ミーゼス応力	—	kN/m ²	—	36.8	—	—
せん断力判定	—	—	—	70 > OK	—	—

[EPSの応力照査]

EPSの支持力は、各材料の最大鉛直応力以上の許容圧縮応力をもつ材料を使用することで満足する。また、せん断応力については、許容圧縮応力/2 ≧ 最大ミーゼス応力となる材料を使用することで満足する。

表3-3-2に内堀部分のEPS各材料物性と最大発生応力を、表3-3-3に小天守西側のEPS各材料物性と最大発生応力をそれぞれ示す。今回の解析結果より、EPSの各材料強度が条件を満足していることを確認した。

[鵜の首部表土下面(遺構面)の支持力について]

内堀部表土下の地盤は御深井丸と同等と考えN値7程度の砂とした。表土の上には約20cm程度の舗装・路盤砕石があるため、表土の根入れが0.2mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 134.4 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3, \quad \text{平均N値} = 7, \quad \text{粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より、} N_c = 23.8, \quad N_\gamma = 9.4, \quad N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ m と仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, \quad D_f = 0.2 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$134.4/2 = 67.2 \text{ kN/m}^2 > 25.5 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

[内堀部表土下面(遺構面)の支持力について]

内堀部表土下の地盤はN値7程度の砂である。遺構面の根入れが5.8mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 1452.2 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_2 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \text{平均N値} = 7, \quad \text{粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より、} N_c = 23.8, \quad N_\gamma = 9.4, \quad N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ m と仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, \quad D_f = 4.8 + 1.0 = 5.8 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$1452.2/2 = 726.1 \text{ kN/m}^2 > 103.4 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

[内堀部の表土(軟弱粘土層)の絞り出し破壊について]

内堀部の下面には、約100cm程度の表土があり、軟弱粘土層と評価できる。日本建築学会の建築基礎構造設計指針p.116～118により絞り出し破壊の検討を行った。

$$qu = \alpha \cdot c \cdot (4.14 + (B/2Hc)) = 345.8 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続基礎)、 $c = 32.5 \text{ kN/m}^2 (= qu'/2 = (40+5N)/2, N=5)$ 、 $B = 13 \text{ m}$ 、 $Hc = 1.0 \text{ m}$

遺構面の鉛直応力は 60 kN/m^2 であるから、中期支持力を $qu/2$ とすると、

$$qu/2 = 345.8/2 = 172.9 \text{ kN/m}^2 > 103.4 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して内堀部の表土(軟弱粘土層)は絞り出し破壊を起こさない。

[小天守西側表土の支持力について]

小天守西側の遺構面表土は御深井丸同程度としてN値7程度のローム混じり砂とした。砕石養生の根入れが0.6mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 233.9 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3, \quad \text{平均N値} = 7, \quad \text{粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より、} N_c = 23.8, \quad N_\gamma = 9.4, \quad N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ m と仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, \quad D_f = 0.6 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$233.9/2 = 116.9 \text{ kN/m}^2 > 98.3 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

3) 結論

軽量盛土材による内堀保護工事により、遺構面、石垣への影響が極めて軽微であることが確認できた。また、材料強度ならびに地盤の支持力についても問題がないことを確認できたので、重機や仮設構台等の仮設物の設置にあたり、内堀ならびに小天守西側の遺構面の保護として内堀を軽量盛土材で埋め戻す対策を講じて現天守閣解体工事を行うものとする。工事期間中は石垣のモニタリングを行うものとする。モニタリングは有識者に意見を伺い、具体的な計画を策定する。基本として石垣変動のバイオリズムを事前把握の上、石垣の変状の管理値とする。また、割れている築石や孕み部分は計測対象として監視する。仮設構築物設置による影響を最も受ける部分(軽量盛土下部、軽量盛土上部)にも計測点を設けて監視する。すでに孕み出しが確認できている部分には、なお配慮すべき部分として、事前に大型土のうによる側面養生を実施するものとする。

なお、石垣モニタリングを実施するにあたり、事前に管理値を設定し、孕み出し等、変状が発生した場合には大型土のうによる押さえ込み等、必要な対策についても想定しておき、常時対応できる体制を整えておくものとする。

(3) 外堀養生と仮設棧橋設置による石垣、遺構への影響検証

1) 影響の検証

[検討内容]

外堀の養生や仮設構台等の仮設物設置による外堀内の遺構および石垣に与える影響について解析により検討した。解析は、下図に示すFEM解析モデルを用い、地盤条件は近隣及び既存ならびに今回の地盤調査に基づき定めた。外堀底面は平成13年3月の現地調査結果から、平均T.P+1.20mとし、その上に約1.5mの堆積物があるものとした。解析上は堆積物はポトルユニットの間に食い込むことで置換されるものとした。

[検討結果]

解析結果として、全体の沈下の影響度合い(コンター図)を図3-3-39に示す。また、外堀部分の結果として、図3-3-40に沈下の影響度合い、図3-3-41に沈下量、図3-3-42に変形勾配を示す。御深井丸部分の結果は、図3-3-43に沈下の影響度合い、図3-3-44に沈下量、図3-3-45に変形勾配を示す。

外堀の遺構面(堀底付近)の沈下は最大で1.9mm、変形勾配は最大0.3/1000以下であり、建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値である1/1000~2/1000と比べて小さく、影響は極めて軽微なものと考えられる。

外堀の御深井丸石垣においては、石垣根入れ部の沈下は最大で0.5mm、変形勾配は最大0.24/1000以下であり、建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値である1/1000~2/1000と比べて小さく影響は極めて小さいと考えられる。また、石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比較しても極めて軽微なものと考えられる。

御深井丸の遺構面においては、沈下で最大4.0mm、変形勾配は最大1.04/1000以下であり、建築基礎等のコンクリートひびわれに対する限界値である1/1000~2/1000と比べて同等範囲内であり、影響は軽微なものと考えられる。

仮設物及び外堀養生の除去によるリバウンドの影響については、現状位置に近づく方向に戻るため、変位量、変形勾配ともに設置時の解析結果よりさらに小さくなるため、影響は極めて軽微なものと考えられる。

名城公園側の石垣については、沈下は最大0.6mm、変形勾配は0.30/1000以下であり、御深井丸側と同様に影響は極めて軽微なものと考えられる。

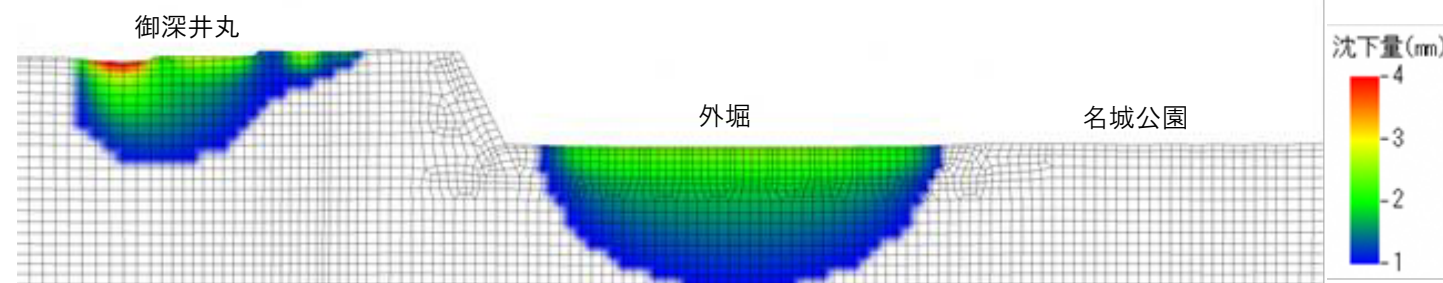


図3-3-39 断面モデルの沈下の影響度合い(全体)

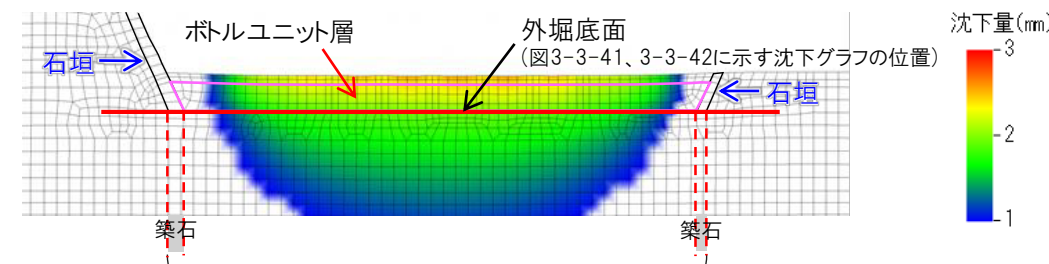


図3-3-41、3-3-432に示す築石の位置

図3-3-40 断面モデルの沈下の影響度合い(外堀部の拡大図)



図3-3-36 ボーリング配置図と解析モデル位置

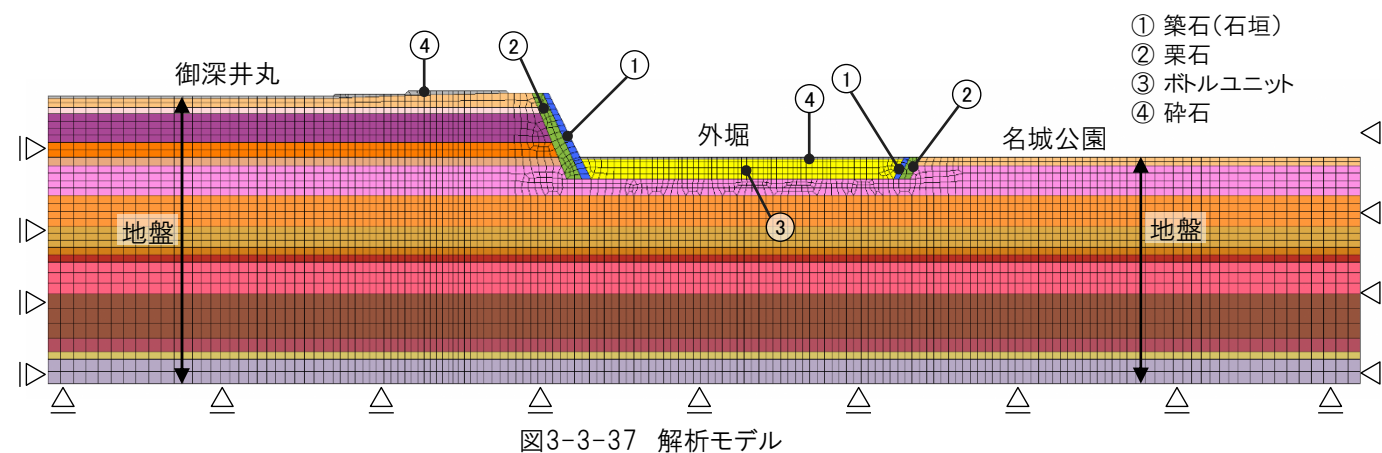


図3-3-37 解析モデル

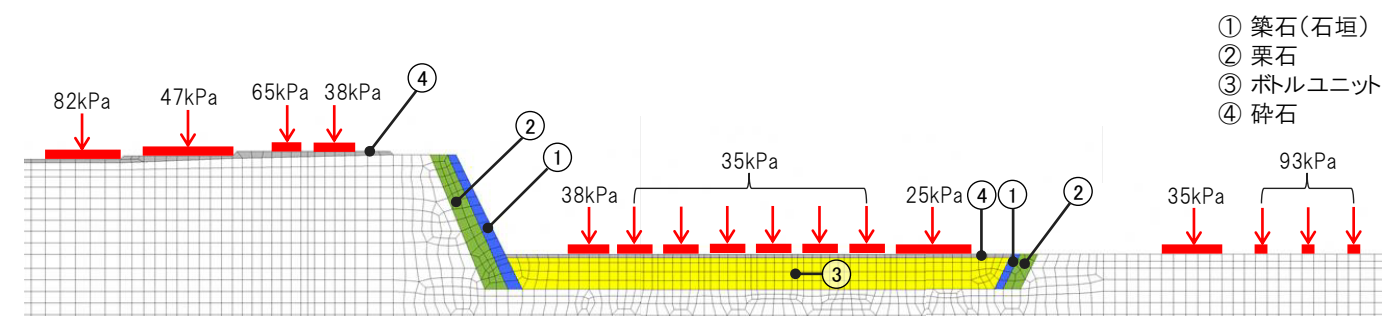


図3-3-38 構台・棧橋基礎配置と上載荷重

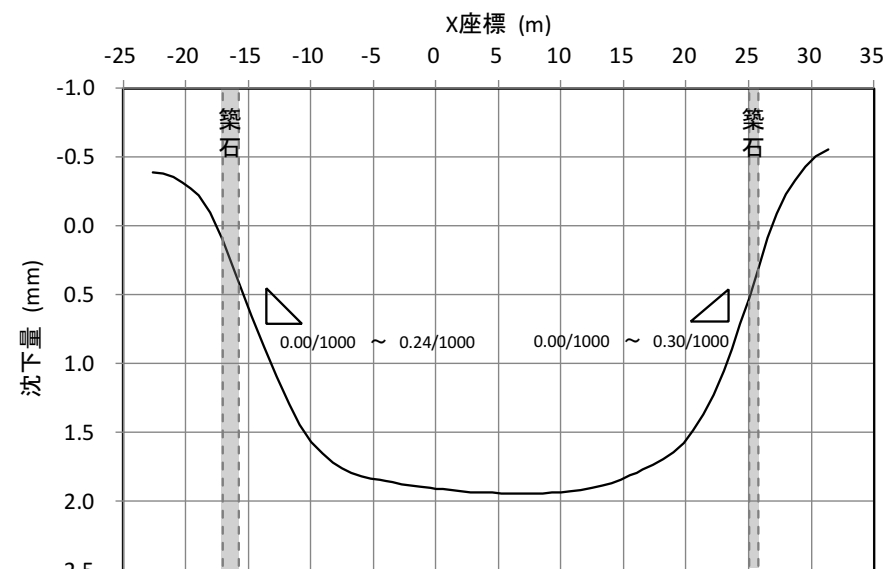


図3-3-41 外堀底面と石垣付近の沈下グラフ

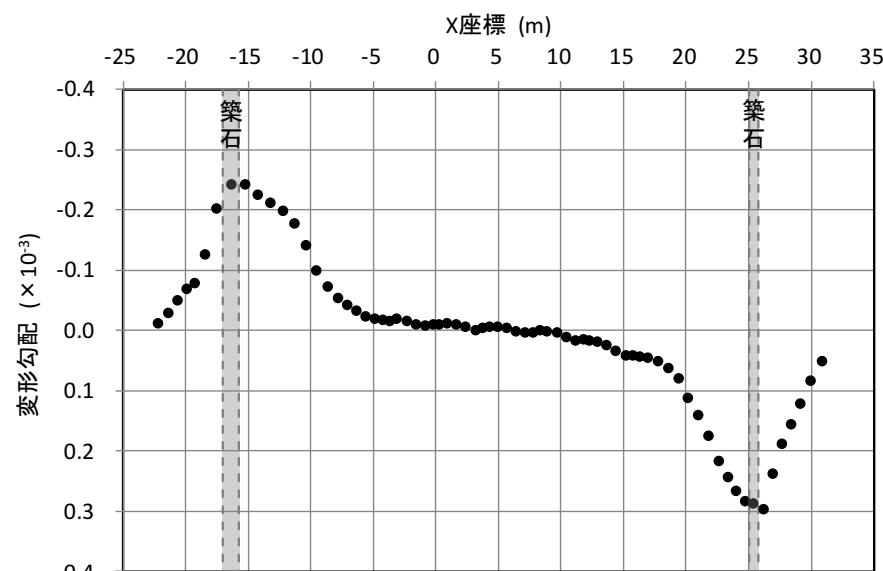


図3-3-42 外堀底面と石垣付近の変形勾配グラフ

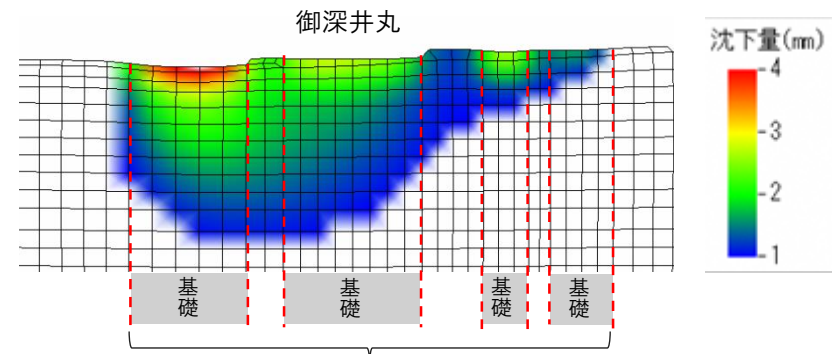


図3-3-37、3-3-38に示す基礎の位置

図3-3-43 断面モデルの沈下の影響度合い(御深井丸側仮設構台基礎部の拡大図)

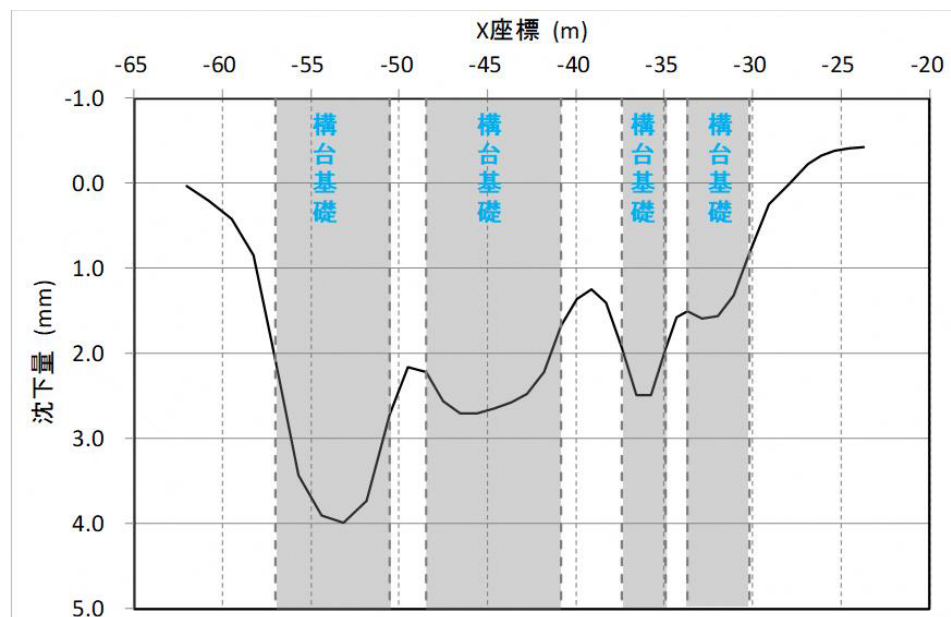


図3-3-44 御深井丸の仮設構台基礎の沈下グラフ

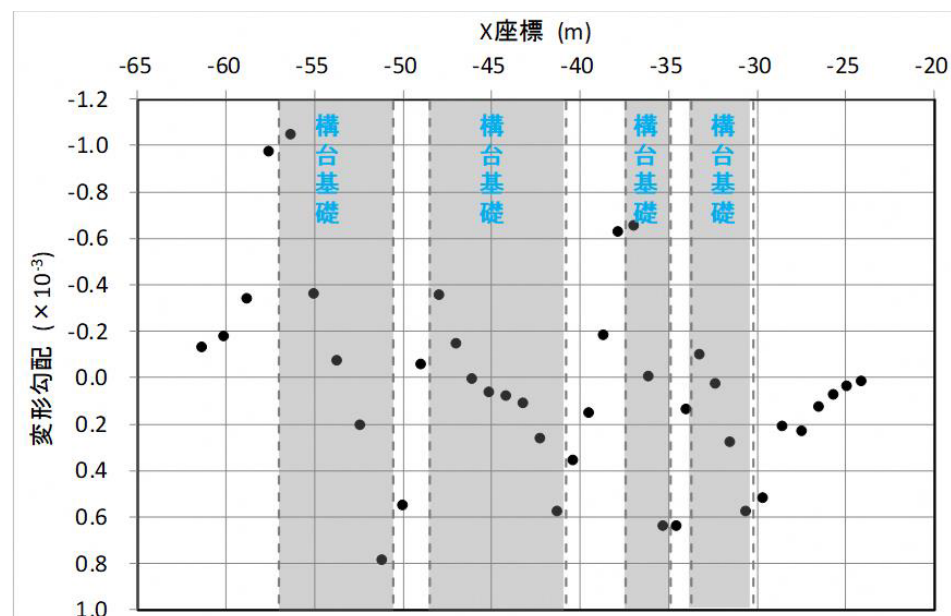


図3-3-45 御深井丸の仮設構台基礎の変形勾配グラフ

2) 石垣の水平変位

水平変位の影響度合い(コンター図)を図3-3-46に、外堀御深井丸側の変形勾配を図3-3-47に、外堀名城公園側の変形勾配を図3-3-48に示す。

外堀の御深井丸側石垣では、頂部から約3m下部で0.81mm、石垣の内側に向かうほうに、根石部では0.35mm、石垣の内側に向かうほうに、それぞれ変位する結果となった。また、外堀の名城公園側石垣では頂部で0.69mm、根石部で1.48mm、石垣の内側に向かうほうに変位する結果となった。

石垣に影響を及ぼす変形勾配については、外堀の御深井丸側石垣では根石より約1.5m上部で0.27/1000、外堀の名城公園側石垣では頂部で0.31/1000となった。

これらの値はいずれも、石垣の孕み出しに対する警戒値(高さ10mで水平方向に60cm、60/1000)と比較しても極めて軽微なものと考えられる。

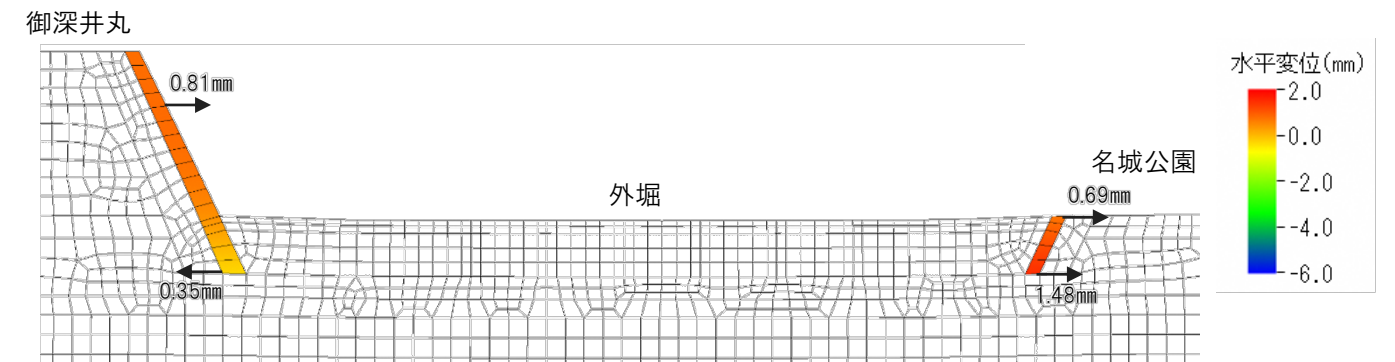


図3-3-46 水平変位の影響度合い(コンター図)

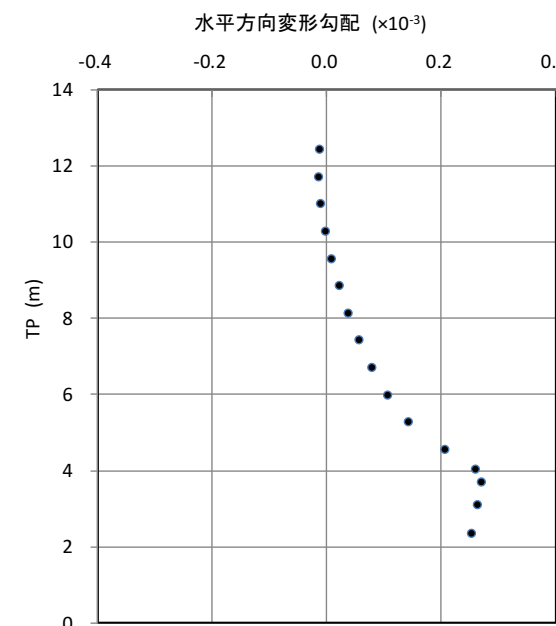


図3-3-47 外堀御深井丸側の変形勾配グラフ

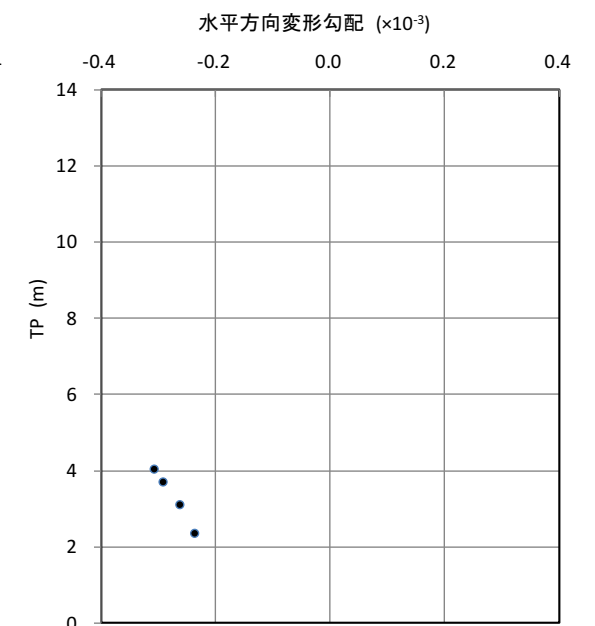


図3-3-48 外堀名城公園側の変形勾配グラフ

3) 地盤支持力の検証

[検討結果の応力状態]

外堀底面では最大92.2kPa (=92.2kN/m²)程度、御深井丸遺構面では最大104.6kPa (=104.6kN/m²)程度、名城公園の表層面では最大60.4kPa (=60.4kN/m²)程度の鉛直応力が発生することがわかる。

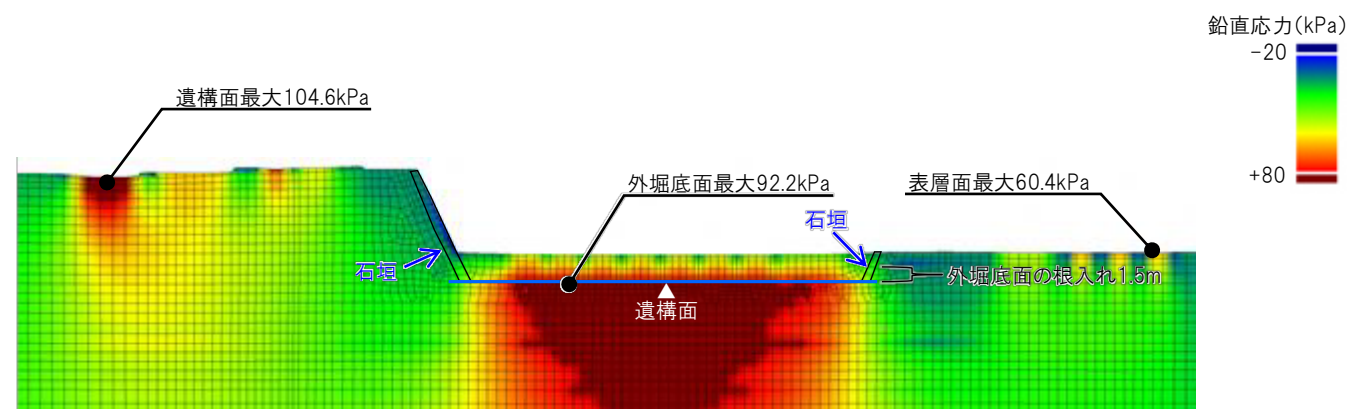


図3-3-39 鉛直応力のコンター図

[名城公園地盤の支持力について]

名城公園の表土のN値は御深井丸と同等程度の7と仮定した。基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 145.8 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \text{ 平均N値} = 7, \text{ 粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より、} N_c = 23.8, N_\gamma = 9.4, N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ mと仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, D_f = 0.0 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$145.8/2 = 72.9 \text{ kN/m}^2 > 60.4 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

[外堀底面(遺構面)の支持力について]

外堀底面の地盤はN値5程度の砂地盤である。ボトルユニットによる養生の根入れが1.5mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 298.6 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 17 \text{ kN/m}^3, \gamma_2 = 15 \text{ kN/m}^3, \text{ 平均N値} = 5, \text{ 粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 5) + 15} = 25^\circ \text{ より、} N_c = 20.7, N_\gamma = 6.8, N_q = 10.7,$$

$$B = 1.0 \text{ mと仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, D_f = 1.5 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$298.6/2 = 149.3 \text{ kN/m}^2 > 92.2 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

[御深井丸遺構面の支持力について]

御深井丸の遺構面表土のN値7程度のローム混じり砂である。砕石養生の根入れが0.6mあるものとして、基礎指針により地盤支持力を算定した。国土交通省告示の極限支持力式より、

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q = 233.9 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 $\alpha = 1.0$ (連続)、 $\beta = 0.5$ (連続)、

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3, \gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3, \text{ 平均N値} = 7, \text{ 粘着力} C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = \sqrt{(20 \times 7) + 15} = 26.8^\circ \text{ より、} N_c = 23.8, N_\gamma = 9.4, N_q = 13.1,$$

$$B = 1.0 \text{ mと仮定、荷重傾斜による補正 } i_c = i_\gamma = i_q = 1, D_f = 0.6 \text{ m}$$

中期支持力は $qu/2$ なので、

$$233.9/2 = 116.9 \text{ kN/m}^2 > 104.6 \text{ kN/m}^2$$

よって、鉛直荷重に対して遺構面の地盤は十分な支持力を有する。

3) 結論

ボトルユニットによる外堀養生と仮設栈橋・構台の設置による遺構面、石垣への影響が極めて軽微なことが確認できた。また、地盤の支持力についても問題がないことを確認できたので、重機や仮設構台等の仮設物の設置にあたり、外堀遺構の養生としてボトルユニットを外堀に沈める対策を講じて現天守閣解体工事のための工事車両通路を整備するものとする。工事期間中は石垣のモニタリングを行うものとする。モニタリングは有識者に意見を伺い、具体的な計画を策定する。基本として石垣変動のバイオリズムを事前把握の上、石垣変状の管理値とする。また、割れている築石や孕み部分は計測対象として監視する。仮設構築物設置による影響を最も受ける部分(軽量盛土下部、軽量盛土上部)にも計測点を設けて監視する。

なお、石垣モニタリングを実施するにあたり、事前に管理値を設定し、孕み出し等、変状が発生した場合には大型土のうによる押さえ込み等、必要な対策についても想定しておき、常時対応できる体制を整えておくものとする。

(4) 石垣と遺構面のモニタリング

解体工事による石垣や遺構への影響を確認するために、工事期間中はモニタリングを行いながら監視するものとする。

1) 石垣の定点測量によるモニタリング

石垣面にターゲットを貼り、3次元レーザによる定点測量を実施する。工事影響の確認のための計測として、天守台石垣と御深井丸外堀側の石垣を計測の中心に、既に孕み及びひび割れがあるところについても計測点として追加し、計測の対象とする。測量点、測量頻度については有識者に意見を伺い策定する。

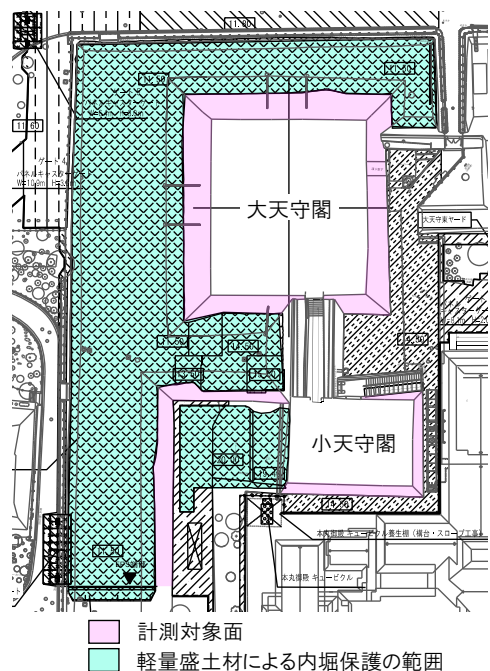


図3-4-1 天守台石垣測量点(草案)

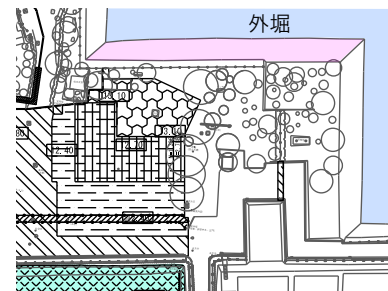


図3-4-2 外堀石垣測量点(草案)



図3-4-3 測量点のターゲットの例



図3-4-4 使用機材
トータルステーション

3) 穴蔵石垣における振動計測

解体工事期間中は大天守台、小天守台それぞれの穴蔵石垣、工事車両通行の影響を受ける鵜の首等において、振動の常時計測を行い、振動レベルが管理値内であることを確認しながら工事を進める。また、振動計には表示板を設置し常に振動レベルを目視確認できるようにする。

振動計の設置位置については有識者に意見を伺い策定する。



図3-4-7日 振動レベル計



図3-4-8 振動レベル表示板の例

2) 軽量盛土による内堀保護部分の沈下計測

内堀保護工事として砕石、軽量盛土材により埋め戻した部分の沈下計測を行う。計測は周辺地盤との摩擦縁切りするため、二重管方式の沈下計測棒を1計測点につき①内堀底、②軽量盛土下面、③軽量盛土上面の3深度に設置し、レベル測定器で計測することで、埋戻して計測ができない石垣への影響確認として解析値と照らし合わせて総合的な判断材料とする。計測位置、計測頻度については有識者に意見を伺い策定する。

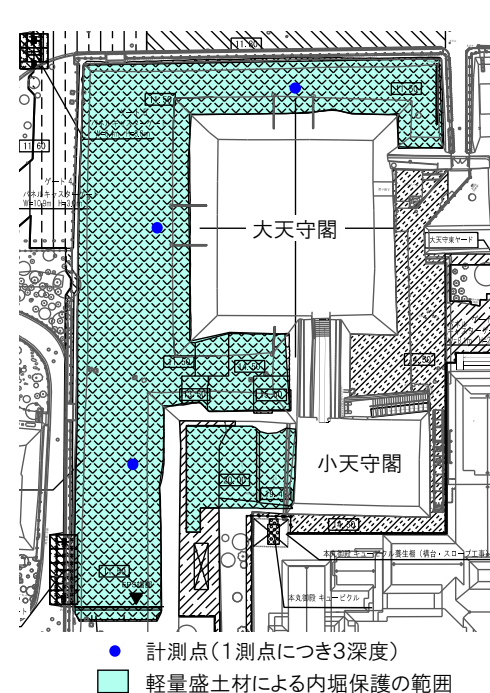


図3-4-5 天守台石垣測量点(草案)

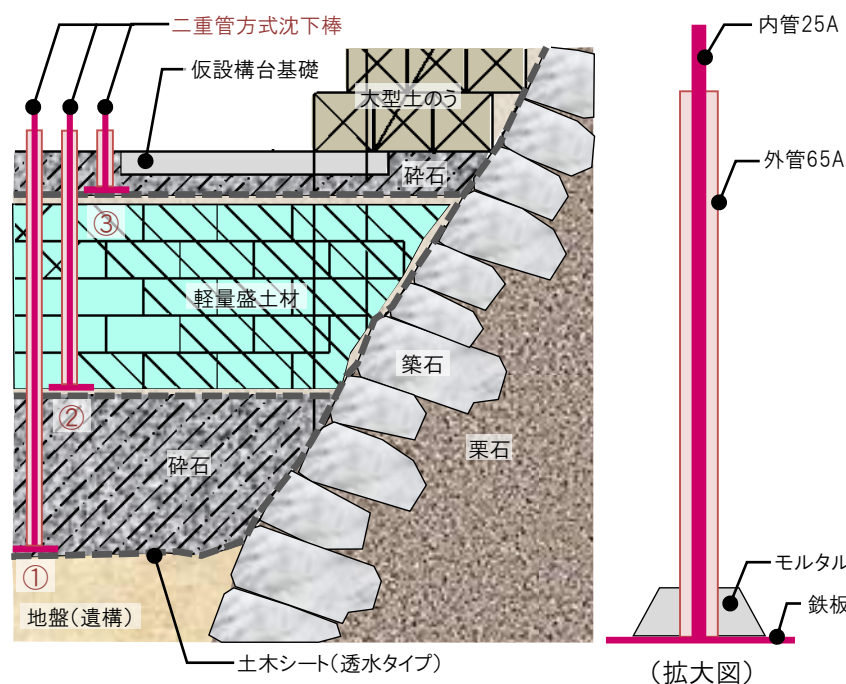


図3-4-6 二重管方式沈下計測棒のイメージ

天守台石垣の保存方針

- 1 天守台石垣保存方針について……………1
 - 1-1 石垣保存の基本的な考え方
 - 1-2 天守台石垣保存方針の策定をめぐって
- 2 天守台石垣の調査……………1
 - 2-1 史実調査
 - 2-2 石垣現況調査
 - 2-3 発掘調査
 - 2-4 地盤調査
 - 2-5 天守台石垣調査まとめ
- 3 天守台石垣の変状・劣化状況の分析……………19
 - 3-1 天守台石垣におけるモルタルの状況について
 - 3-2 大天守台北面の孕み出しの分析
 - 3-3 築石石材の劣化状況について
- 4 天守台石垣の保存方針……………23
 - 4-1 天守台石垣の保存方針

1 天守台石垣保存方針について

1-1 石垣保存の基本的な考え方

本市では、平成30年5月に「特別史跡名古屋城跡保存活用計画」を策定し、名古屋城の歴史的価値を後世へ確実に継承していくため、「保存」「活用」「整備」及び「管理運営・体制」に関する今後の方針を定めた。

この中で、石垣の保存管理方法については、現存遺構の適切な保存管理、石垣カルテの作成による現況把握、その結果から修理の優先度の高い部分に対する原因の把握、それに対応する保存・修復の検討等を実施していくことを示した。

これを受けて、石垣カルテの作成、史資料調査等の十分な調査研究に基づく石垣の現況把握と評価及び史跡の本質的価値を構成する要素である城内石垣全体の保存管理を厳格に行っていくこととしており、現在の具体的な方針策定に向けて、現況調査を進めているところである。

1-2 天守台石垣保存方針の策定をめぐって

天守台石垣については、本丸地区の整備を検討する中で、平成24年に調査を実施し、現状の把握を行った。さらに、平成29・30年度にも天守台石垣全面及び内堀に面した石垣を対象とした現状を確認する調査を実施しており、石垣保存の方針をまとめ得るだけの情報が蓄積されつつある。

天守台石垣の保存方針は名古屋城全体の石垣保存方針と不可分のものではあるが、天守台石垣上の、現天守閣の耐震性能が低い点などの課題に対応する必要があるため、全体の方針に先行して整理する。

これまでに行った天守台石垣の調査成果を取りまとめ、現況の問題点を把握したうえで、具体的な保存方針を定める。

調査種別	調査の具体的な内容・手法
石垣測量	(1) 石垣立面図作成 作成したオルソ図を基に立面図を作成。
	(2) 石垣縦横断面図作成 立面図を作成した石垣について、1m間隔で断面線を作成する。
	(3) 石垣平面図作成 石垣平面図を作成する。
	(4) 石垣オルソ作成 オルソ(正射写真)を作成する。
	(5) 石垣三次元点群データ作成 三次元レーザースキャナを用いて、石垣の三次元点群データを作成する。
	(6) 可視化図作成 三次元点群データをもとに、測量基準軸からの単点値を10cm格子で抽出し、コンターマップ化した立面コンターマップとその段彩図、勾配基準線からの変化量を10cm格子で抽出し分布図化した孕み出し量図等を作成。
石垣現況調査	石垣現況(健全性)調査 石垣の孕み出し領域、築石や間詰石の割れや抜け落ち、築石の劣化、積み直しの痕跡などについて、目視による調査を行う。
	石垣カルテ作成 石垣の面ごとに、石垣の現況を記録したカルテを作成する。
	石材調査 石材一石ごとの岩石種、加工状況、刻印や墨書の有無、矢穴の有無などを確認する。 石材の観察については、岩石種、岩石に含まれる鉱物を確認する。 現地で石材チェック表を作成し、石材カードとしてデータベース化する。
	石材劣化度調査 石材一石ごとの劣化度について、目視及び打音により調査を行う。
石垣レーダー探査 石垣背面の裏込め等の状況確認のため、レーダーによる探査を行う。	
ビデオスコープ調査 築石背面の状況確認のため、レーダー探査に加え、ビデオスコープによる確認を行う。	
発掘調査 石垣の根石の変状の有無、根切の状況の確認、堀内の堆積状況などを確認するため、発掘調査を行う。大天守台周辺、小天守台周辺で合わせて17地点。 穴蔵石垣の背面構造を確認するため発掘調査を行う。	
モニタリング 反射対標、石垣ゲージを設置し、2か月に1度計測を行い、石垣の変動を確認する。	
史実調査 文献史料、写真等の検討により、天守台石垣の歴史的経緯、修復の履歴などを検討する。	
地盤調査 ボーリング調査を実施し、天守台付近の地盤を調査	

表1 実施した調査一覧

2 天守台石垣の調査

ここで対象とする石垣は、大小の天守台の外周及び内部(穴蔵)石垣及びそれをつなぐ橋台部の石垣、また天守北側及び西側内堀の外側(御深井丸側)の石垣である。それぞれの石垣に、図1及び2のように管理番号を与えた。

保存方針を示すにあたっては、これまでに行ってきた現況把握のための調査の成果に基づき、天守台石垣の課題を把握したのち、その課題への対応を含めた保存のための方針を整理する。

行った調査は、天守台石垣について残された記録類の検討(「史実調査」と呼ぶ。)と、石垣カルテに整理する現況調査、測量調査や、根石などの発掘調査の現地調査である。行った調査の概要は、表1に整理する。

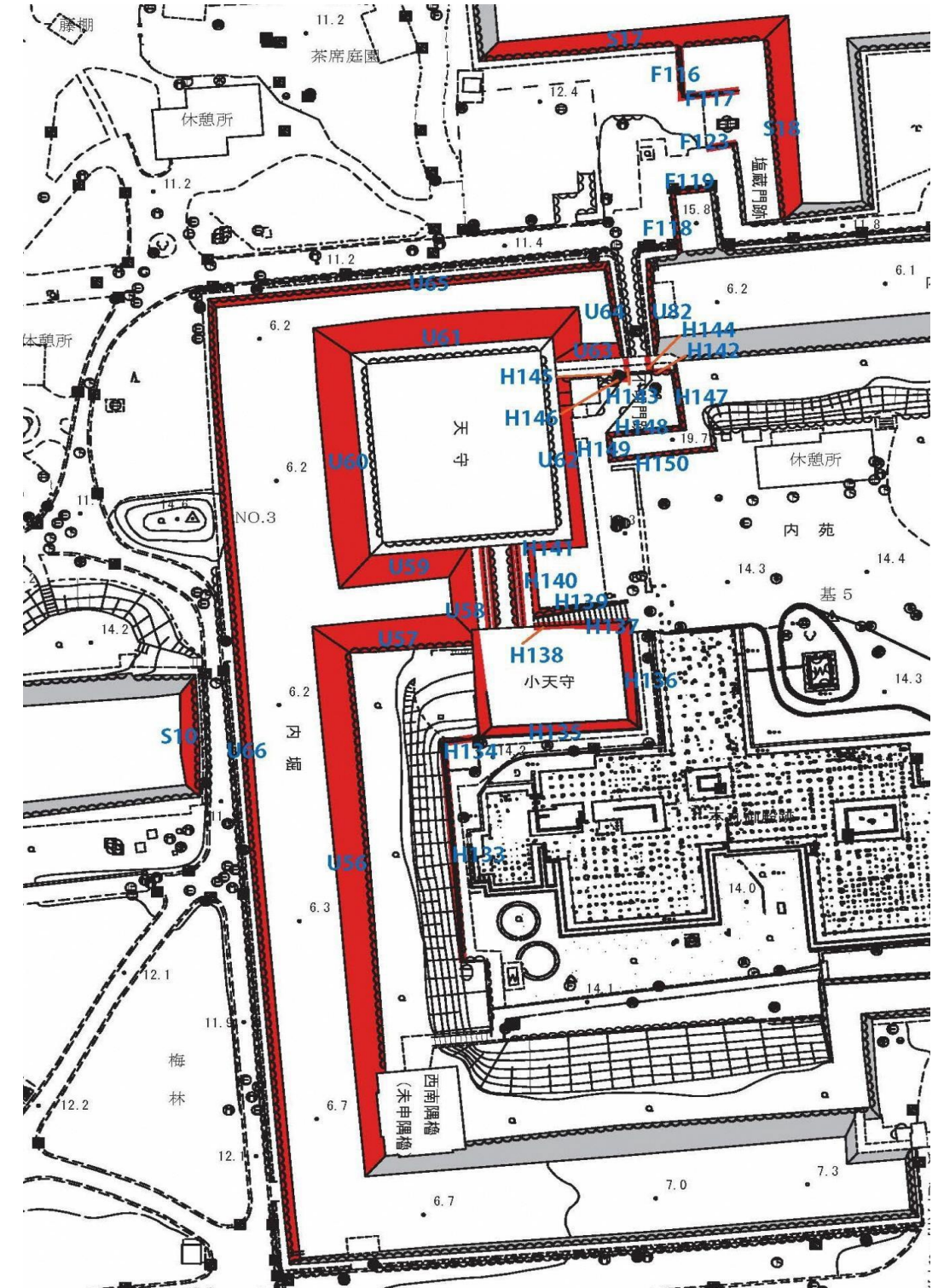


図1 天守台外部石垣管理番号

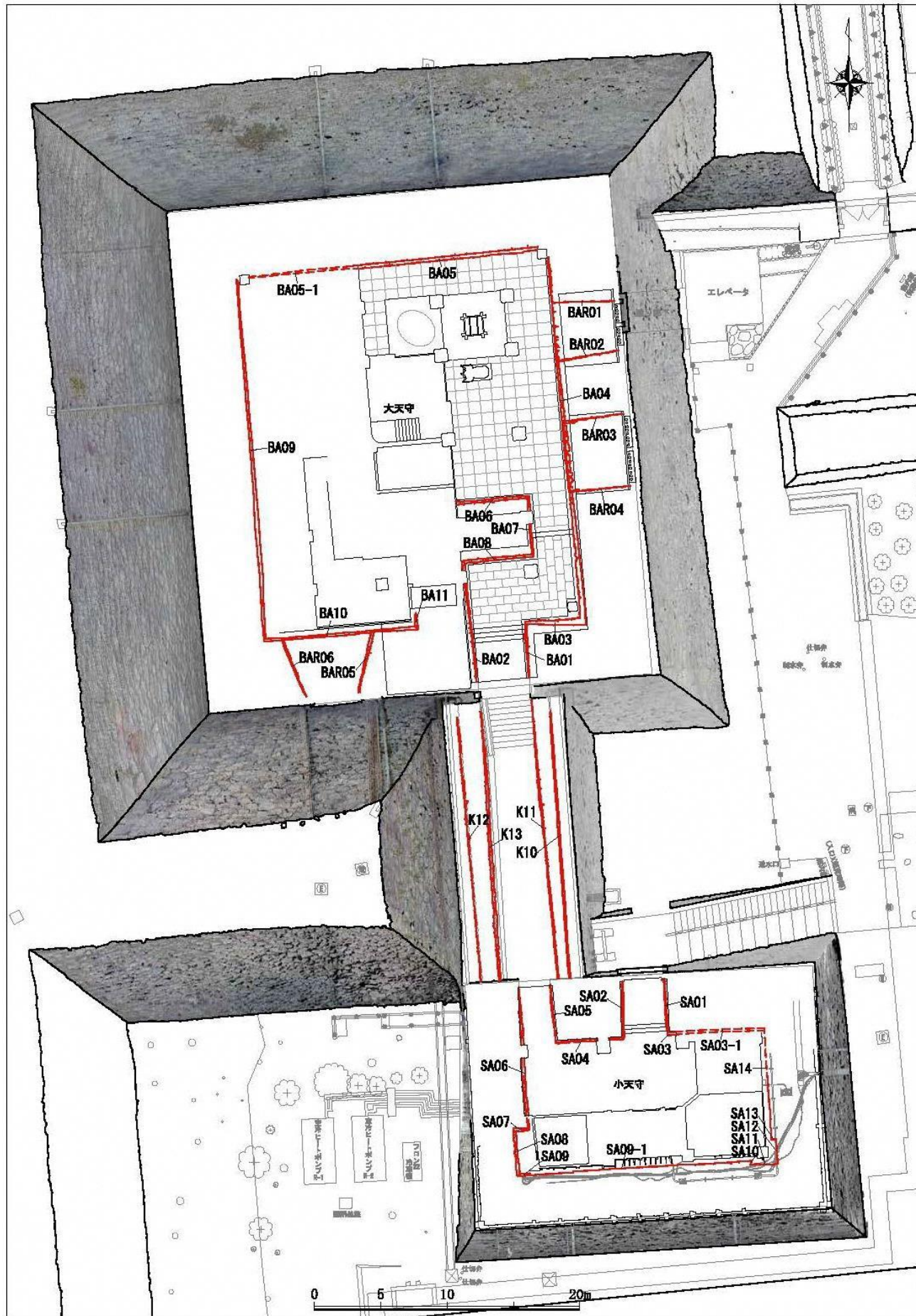


図2 天守台穴蔵石垣管理番号

2-1 史実調査

A 天守台石垣の概要

名古屋城天守台石垣に関する歴史資料に基づき、天守台石垣の概要を整理する。

1 名古屋城の築城

徳川家康が名古屋築城を決定したのは慶長14年(1609)1月で、築城の際は外様大名による公儀普請が実施された。11月には普請奉行の牧助右衛門長勝が名古屋で検地と縄張を行った。縄張は城郭内の作事を担当した中井大和守正清による図面を参考に決められたとみられる。

中井の図面では、大天守の西側に二つ目の小天守が連結しており、当初は南側と西側に小天守を設置する構想であったと分かる。しかし地盤が緩い御深井丸との境界に小天守を設置するのは難しく、作事計画は変更を余儀なくされた。

慶長15年(1610)1月、家康は改めて縄張を命令し、さらに石垣普請に取り掛かるよう諸大名に命令した。諸大名が駿府から名古屋に向かったのは閏2月8日で、まずは尾張・三河・美濃に点在する石切場から石材を切り出して名古屋に運び、普請に取り掛かる準備を始めた。

普請前には幕府の普請奉行によって諸大名の普請場所を示す丁場割図が作成された。丁場割図と現況石垣を比較すると、それぞれの大名が築いた石垣を概ね比定できるため、石垣構築手法の差異を知ることができる。丁場割図には天守台石垣を担当した大名の記載がないが、後世の記録や天守台隅石に残る刻銘によって、加藤正清が築いたことが明らかになっている。

丁場割図では西側小天守が既に削除されて本丸と御深井丸が地続きになっており、天守台石垣西面には御深井丸への通路が設けられていた。結果的に本丸と御深井丸は堀で隔てられ、通路は築石で塞がれることになったが、通路の痕跡は「切抜」として江戸時代から認識されており、現況石垣からも確認できる。この痕跡によって、諸大名の石垣普請が丁場割図に近い形で進行したこと、天守を建築する時点で石垣が改変されたことが推察できる。

丁場の割当後、6月3日に石垣の基礎を並べる根石置きが開始され、12日には本丸の根石置きが完了した。その後も急速に石垣普請が進められ、8月25日に天守台石垣が完成し、清正は27日に熊本へ帰国した。各曲輪の石垣も順次完成していき、9月末までには石垣普請を終えた諸大名が領国へ引き上げた。こうして慶長15年中には諸大名による石垣普請が完了した。

参考文献

城戸久「名古屋城天守造営年次考」(『建築雑誌』53号、1940年)

城戸久「名古屋城本丸創築縄張に関する一知見」(『名古屋高等工業学校技術報告』7号、1941年)

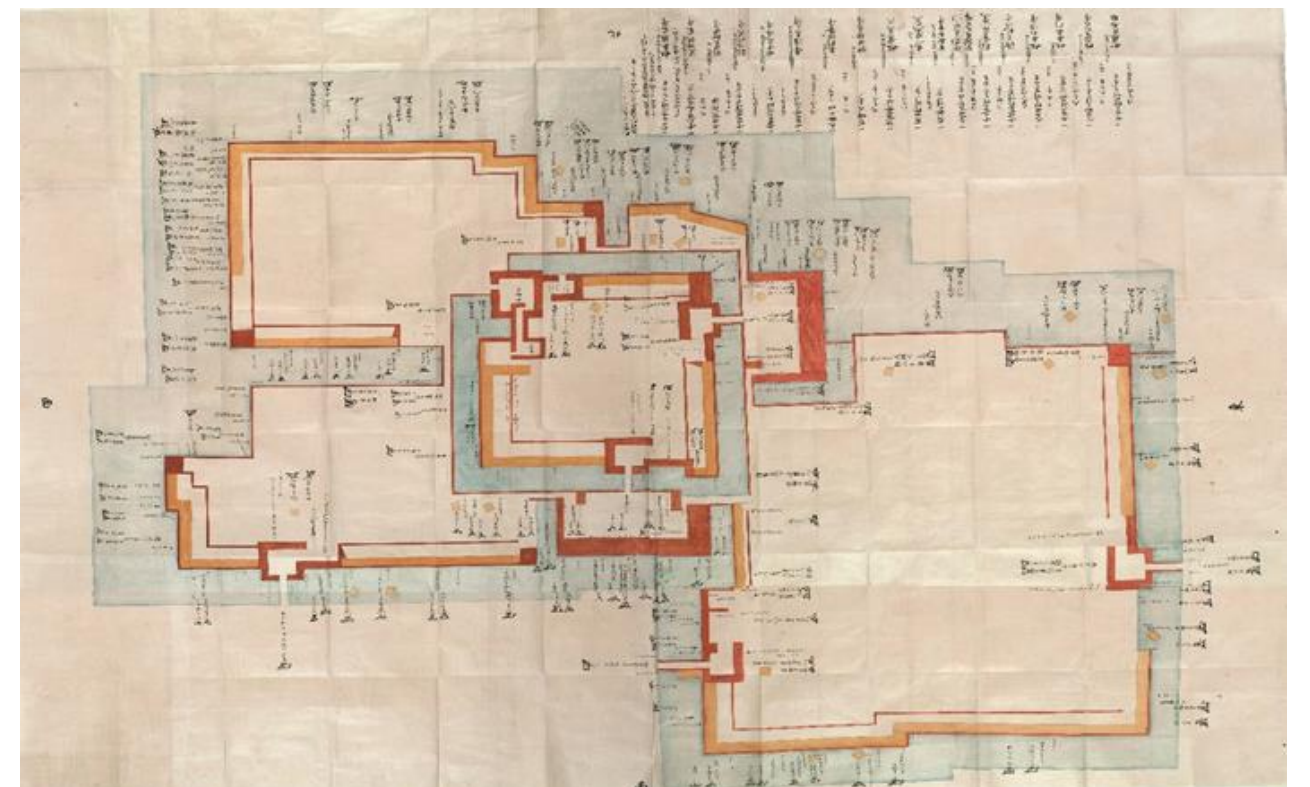


図3 「金城録・町場請取絵図」(名古屋城総合事務所所蔵)

天守台石垣の保存方針

高田祐吉『続名古屋城叢書2 名古屋城石垣の刻紋』(名古屋城振興協会、1999年)
谷直樹編『大工頭中井家建築指図集 中井家所蔵本』(思文閣出版、2003年)
内藤昌編『名城集成 名古屋城』(小学館、1985年)
名古屋市『名古屋城史』(1959年)
名古屋城総合事務所『巨大城郭 名古屋城』(2013年)

2 戸波駿河による小天守石垣の改変

慶長16年(1611)から17年(1612)にかけて、公儀穴太の戸波駿河が尾張藩から扶持を受けて小天守の石垣普請を行った。このことは諸大名の普請後に石垣が改変されたことを示唆しており、作事にあたり縄張が変更されて石垣の積み替えが行われたことが推測される。

この時の改変部分は小天守入口であったとみられる。築城期に作成された図面では、小天守入口は西側に設置されているが、現況石垣の小天守入口は北側に設置されている。つまり小天守入口は諸大名の普請後に変更されたと考えられる。さらに現況の小天守穴蔵石垣には西側入口を塞いだ痕跡が確認されており、小天守石垣の改変が実証されている。

参考文献

高田祐吉『文化財叢書第95号 名古屋城－石垣刻紋が明かす築城秘話－』(名古屋市教育委員会、2001年)
名古屋城振興協会『名古屋城叢書2 特別史蹟名古屋城年誌 増補改訂版』(1981年)

3 江戸時代前半の石垣修復

慶長19年(1614)8月、大風雨によって天守からみて北東部分の石垣が崩れ、該当丁場の普請を担当した福島正則は家臣を派遣して石垣を修復している。この事例から初代藩主義直が名古屋城に入る慶長20年(1615)以前は、助役大名に石垣修復をさせていたことが分かる。

義直が名古屋城に入って尾張藩が成立した元和年間以降、名古屋城の石垣修復は尾張藩が担うようになった。「龍院様御代奉書并御書付類之写」という典籍には2代藩主光友時代を中心とした老中奉書の写しが記録されており、元和から享保まで19通の内容が伝わっている。老中奉書には石垣修復場所が記載されるため、修復履歴を知る際の貴重な史料となっている。

老中奉書の記載内容は二之丸や三之丸の石垣・水道の修復許可が多く、天守台石垣の修復に関する記述はない。また本丸石垣については以下の3例が確認できるのみである。

天和2年(1682)、本丸惣構の東北隅石垣が崩れて両脇が孕みだしていたことが分かる。このとき修復されたのは本丸東北にある搦手馬出の石垣であった。

宝永5年(1708)、城内各所で破損・倒壊した石垣の修復申請がまとめて上申された。特に天守東側の高塀土台際石垣で裏込石が露出し、南一之門の西側で石垣が孕みだしていたことが分かる。このとき修復が相次いだ原因は宝永4年(1707)に発生した宝永地震であるとみられる。また宝永6年(1709)には天守の修理が行われ、地震で傾いた西北隅柱が引き起こされた。

享保12年(1727)、本丸東側にある多門櫓下石垣、本丸東北側にある多門櫓下石垣、本丸続多門下石垣の折れ廻しで孕みだしや倒壊があった。このときの倒壊原因は不明だが、複数の場所で孕みだしや倒壊が起きたことが分かる。

老中奉書以外にも、尾張藩が幕府に修復許可を願い出るために作成したとみられる絵図が2枚確認されている。絵図はそれぞれ元禄10年(1697)と享保17年(1732)に作成されたもので、老中奉書19通の発給年とは重ならないが、石垣を修復したとみられる場所が具体的に分かるほか、尾張藩が幕府に提出した絵図の内容を考察する手掛かりになっている。

参考文献

白峰旬「尾張国名古屋城修補許可の老中奉書について」(『三重大史学』第3号、2003年)

4 尾張藩と穴太衆

藩政初期の尾張藩における石垣修復の実態は史料的制約から不明瞭な部分が多いが、寛文年間には山戸五兵衛という人物が「穴生(太)頭」として知行三百石を受けており、寛文2年(1662)の地震によって孕みだしの生じた二之丸石垣の修復にも携わっている。また万治元年(1658)の江戸城普請で活動している公儀穴太三河は、かつて尾張藩に仕えていたことが分かっている。尾張藩は寛永元年(1624)二条城、寛永5年(1628)江戸城の普請に助役大名として参加しており、藩政初期には公儀普請に対応するため自藩で穴太を召し抱え、城内の石垣修復にも従事させたと推測される。ただし山戸五兵衛は寛文8年(1668)に穴太頭を辞して知行を返上しており、その後穴太頭に任命された人物も確認できないため、尾張藩に穴太がいたのは寛文年間までで、以降は石工などの職人が石垣修復を担っていたのではないかとみられる。

参考文献

石川県金沢城調査研究所『金沢城叢書16 城郭石垣の技術と組織』(2012年)
松尾美恵子「近世初期大名普請役の動員形態」(『徳川林政史研究所研究紀要 昭和60年度(第20号)』、1986年)

5 宝暦の大修理について

宝暦の大修理は、宝暦5年(1752)から宝暦5年(1755)まで行われた大規模な天守修復工事である。天守台西北隅の折れ廻しで起きた孕みだしを修復し、天守の西北方向への傾きを恒久的に是正するための工事であり、築城以来の状態を維持してきたとみられる天守台石垣が確実に修復されたことを示す貴重な事例となっている。

具体的な修理内容は、天守の入側を部分的に解体して巨大な装置を仕掛けて、天守を引き上げておいて石垣を解体

して積み直すというものであり、他に類を見ない大規模な修理事業であった。さらに修理完了後、尾張藩は今後の規範となるように、宝暦の大修理に関する記録や図面類を数多く残したため、工事内容を詳細に伝える史料群が現存することになった。これらの史料群を検討することによって、宝暦の大修理の全体像が把握でき、現状石垣との比較が可能になっている。また修理に至るまでの過程も様々な記録から知ることができる。

参考文献

城戸久「名古屋城天守宝暦大修理考」(『建築学会論文集』22号、1941年)
麓和善・加藤由香「名古屋城大天守宝暦大修理に関する史料と修理計画について」(『日本建築学会計画系論文集』74巻638号、2009年)

加藤由香・麓和善「名古屋城大天守宝暦大修理における仮設工事について」(『日本建築学会計画系論文集』74巻644号、2009年)

麓和善・加藤由香「名古屋城大天守宝暦大修理における石垣工事について」(『日本建築学会計画系論文集』74巻645号、2009年)

麓和善・加藤由香「名古屋城大天守宝暦大修理における本体上げ起こし修理について」(『日本建築学会計画系論文集』75巻651号、2010年)

麓和善・加藤由香「名古屋城大天守宝暦大修理における各部修理について」(『日本建築学会計画系論文集』75巻653号、2010年)

6 宝暦の大修理までの経緯

大修理の二年前にあたる寛延3年(1750)2月、8代藩主宗勝は本丸を巡覧し、御深井丸から孕みだしを視認している。巡覧後、尾張藩では天守台石垣を修復するための評議が開かれた。5月時点では孕みだし部分まで堀を埋め立てて傾きを抑える措置が検討されていたが、縄張が変更されるなどの諸問題が懸念されたため、7月には堀を埋め立てる計画を取り止め、天守を部分的に解体して石垣を積み直す計画に変更された。修復計画は幕府に上申され、寛延4年(1751)3月27日、幕府老中本多正珍から尾張藩に対して修復許可の老中奉書が渡された。

実際の工事が始まったのは宝暦2年(1752)3月のことであった。これに先立つ2月15日、作事奉行の寺町兵左衛門と日下部兵次郎、普請奉行の林治右衛門と山吹儀兵衛の四名に対して、家老竹腰正武が改めて天守修復を

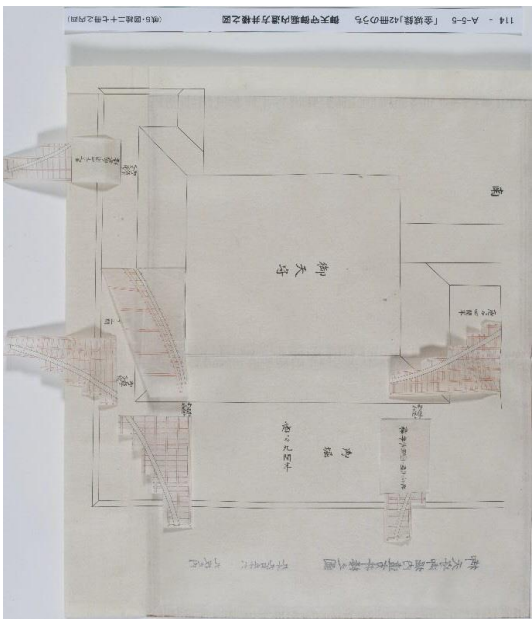
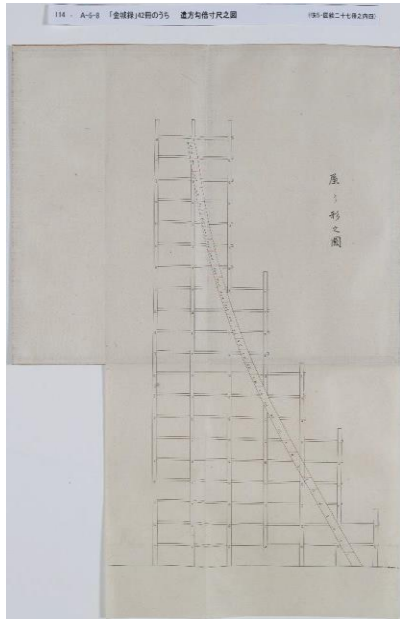
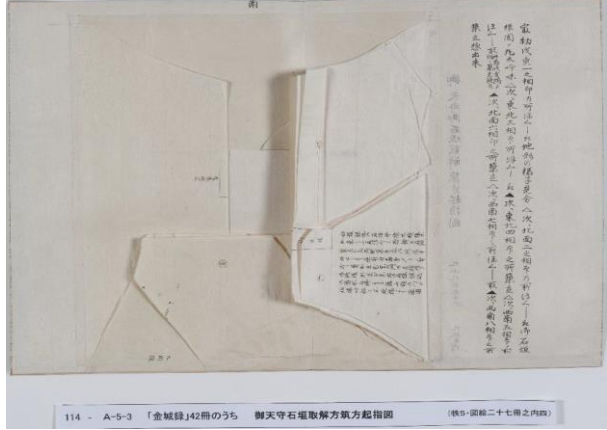


図4 左上:「御天守御石垣取解方起指図」 左下:「遣方勾配寸尺之図」 右下:「御天守御堀内遣方井楼之図」(名古屋城総合事務所所蔵)

天守台石垣の保存方針

天守台石垣の概観

命じた。竹腰は「石垣に関することは普請方の職掌で、石垣上の天守に関することは作事方の職掌だが、今回の修理は両方の職掌にまたがるものなので、双方が協力して修復に臨むように」と訓示しており、石垣の修復は本来普請方が担うものとされていたことが分かる。3月15日、斧始の儀式が執り行われ、以降本格的な修復が開始された。

天守台石垣の概観

天守台石垣の概観

7 宝暦の大修理における石垣勾配(遣方について)

宝暦2年4月27日、石垣解体前の準備工事として天守台石垣の四隅5ヶ所に石垣の高さと勾配を示すための遣方が設置された。遣方には「本来の石垣勾配を写した曲線状の板(反板)」が取り付けられており、勾配を見定める基準とされた。遣方については「遣方図」という図面が三種類残されているが、それぞれ記載内容と寸法が異なっている。宝暦当時穴太衆が不在であった尾張藩では、石垣を構築する際の技術書に類する史料が残されておらず、勾配算出方法が明確でない。そのため遣方図によって石垣勾配の見積もり方法を検討する必要がある。

遣方図を検討する際には他藩に残る石垣技術書が参考になると思われる。特に熊本藩穴太に伝来した「石垣秘伝之書」に示された勾配理論は、加藤清正が用いた石垣構築理論、つまり名古屋築城期に用いられた理論である可能性が指摘される。ただし実際には遣形図の寸法と「石垣秘伝之書」に従って算出した勾配は一致しないため、遣方図の寸法は画一的な勾配理論によって導き出されたものではなく、実測値を反映したものであると推測される。

三種類の遣方図の記載内容に着目すると、二枚が実寸を示した実測図で、一枚が遣方に取り付ける反板を製作する際の計画図ではないかと推測される。つまり実測図によって天守台石垣全体の基準曲線と外面石垣の位置を測っておき、反板を製作するにあたって一定の高さごとに曲線を分割した計画図を作成したと考えられる。

実際の石垣修復工事では、反板と反板の間に水平縄を張ることで勾配を確認していた。また石垣面に5間間隔で反板が取り付けられており、これらの反板を目安にして「一かさ」ごとに勾配を訂正していた。遣方図には地面際から2尺毎に朱線が引かれており、また新たに用意した築石は外面が2尺5寸四方に規格化されていたことを考えると、「一かさ」の意は築石一段(＝2尺)ではないかと推測される。新規石材とは5寸の差があるが、築石は周囲の築石と摺り合わせる際に切削を行うため、余幅を設けていたのではないかとみられる。

天守台石垣の概観

参考文献

石川県金沢城調査研究所『金沢城史料叢書7 金沢城石垣構築技術史料Ⅰ』(2008年)

石川県金沢城調査研究所『金沢城史料叢書12 金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』(2011年)

北垣聰一郎『ものと人間の文化史58 石垣普請』(法政大学出版局、1987年)

北垣聰一郎(編集協力:佐賀県立名護屋城博物館)『石垣秘伝之書 北川作兵衛』(2003年)

森本浩行・西田一彦・北垣聰一郎・西形達明・玉野富雄

「城郭石垣の修復における断面形状の適用に関する考察」(『土木史研究 講演集』vol.27、2007年)

森本浩行・西田一彦・北垣聰一郎・西形達明

「名古屋城天守台石垣の修復と形態、構造の変遷」(『土木史研究 講演集』vol.34、2014年)

天守台石垣の概観

8 宝暦の大修理における石垣修復過程(北面)

石垣を修復する際には、まず揚方と呼ばれる天守の引き上げ工事を北面と西面で交互に行い、天守を持ち上げているうちに天守台石垣を修復した。実際の修復では、石垣の安定性を考慮して部分的な石垣解体と積み直しを繰り返したことが分かっている。

北面石垣の解体は12月10日から宝暦3年(1753)2月29日にかけて行われた。まずは裏土の状態を確認するため、西北隅石垣を途中で解体した。裏土に問題がないことが確認されると、さらに西北隅の根石部分まで解体が進められた。解体が終わると西北隅根石下に深さ4尺の穴を掘り、根石下に土台として埋められていた松丸太の見分が行われた。当時の記録では根石の外面から5寸と1尺の位置に2本の松丸太が並べてあり、そのまま埋め戻たとされている。

西北隅石垣解体後は、東北隅天端から数えて7個目の隅石を起点に築石を外していき、西北隅の地面際から東16間の位置までが解体された。北面で解体せずに残された石垣は、東北隅天端から8個目の隅石と、東北隅の地面際から西10間余の地点を斜めに結んだラインであった。さらに露出した裏土の土留として、堀に仮設された足場から関板(横長の板)を石垣方向に伸ばすようにして取り付けられ、裏土に大規模な段差が生じた場所に当てられていた。

3月4日には北面石垣の積み替え工事が行われた。まずは西北隅石の基礎となる隅根石が置かれ、隅根石を起点に石垣の解体面にあたる東15間余の位置まで、築石の基礎となる根石が平行に据えられていった。次に根石の一段上に築石が平行に据えられていき、完了するとさらに上段に築石が平行に据えられていった。東北隅の折れ廻しまでこの作業を繰り返して北面石垣の積み替えが完了した。積み替えに要した期間は不明だが、5月9日には宗勝が修復中の天守を巡覧して工事状況を視察していることから、それ以前には工事が一段落していたとみられる。

天守台石垣の概観

9 宝暦の大修理における石垣修復過程(西面)

6月11日から7月4日には西側の揚方が行われ、引き続き西面石垣の解体と積み替えが進められた。西面の大部分は解体されることになり、解体せずに残された石垣は西南隅天端から14個目にある隅石と、西南隅の地面際から北に6間半の地点を斜めに結んだラインのみであった。

西面石垣を解体するときには切抜部分の安定性が考慮され、解体と積み替えが交互に行われた。一度目の解体は6月17日から8月27日まで行われ、西南隅の天端から数えて9個目の隅石までが解体された。また解体作業と並行して西北隅からの積み替えを徐々に行ったようである。ついで西北隅の地面際から南に12、13間の位置を起点に積み替えが進められ、切抜の北端まで積み替えたら西北隅から北面に折れ廻し、天端の築石が平行になるよう並べられた。

西北隅の積み替えが完了すると、続いて二度目の解体が11月5日から12月23日まで行われ、解体済みの西南隅石から下に5個目までが解体された。解体完了後、北面の積み替えと同様に地面際から一段ずつ築石が据えられていき、

天守台石垣の概観

西面と南面の天端まで積み替えられた。こうして宝暦4年(1754)3月27日には石垣の積み替えが大方完了した。ただし、切抜部分には天守への入口として大棧橋が架けられていたため、天守内の引き上げ工事が完了した後で積み替えを行った。切抜部分の積み替えは8月9日から9月3日まで行われ、こうして足掛け3年に及ぶ石垣の積み替えが完了し、天守本体の傾きも是正された。以後は天守内の細かな作事が進められ、宝暦の大修理における工事がすべて完了したのは宝暦5年(1755)2月のことであった。

天守台石垣の概観

10 宝暦の大修理の担い手

宝暦の大修理完了後の宝暦5年5月23日、宗勝は大修理の功労者に対して褒美を下賜した。このうち実質的な工事を取り仕切った作事奉行と普請奉行には大判を含む多くの褒賞が与えられている。特に作事奉行の日下部兵次郎は大修理を主導した人物と認識されていたようで、後世の記録類にも大修理の功労者として名前が挙げられている。また同じく作事奉行の寺町兵左衛門は大修理関係の図面を所持していたことで知られている。こうした事例から宝暦の大修理の工事計画は作事奉行によって構想されたことが推察される。

宝暦の大修理関係者を列記した史料によると、作事奉行の配下に大工頭、左官頭、葺師頭、石屋頭、御瓦師といった職人衆がおり、現場での作業を担っていたとみられる。

この時期には尾張藩に穴太役らしき人物は確認できなくなっているが、作事奉行配下に石屋頭が存在しており、石垣構築の際は石工が主体となって工事を進めていったとみられる。江戸時代後期には石材の納入業者であった石屋が石垣普請の実質的な担い手となっていく傾向が指摘されており、宝暦期の名古屋城でも同様の状況であったと考えられる。

天守台石垣の概観

参考文献

杉江進「幕府石垣普請における「穴太頭」と「石方棟梁」」(『日本歴史』795号、2014年)

天守台石垣の概観

11 宝暦の大修理における石垣修復方法

宝暦の大修理の結果、天守台石垣には隅石と隅脇石が35個、築石が925個新たに追加され、慶長期の築石と宝暦期の築石が混在することになった。石材に関しては隅石に小牧の岩崎山、築石に三河の堅石が使われており、他にも小牧村付近の小金山、白鳥の御材木場、城内太鼓櫓の堀の内に保管してあった石材が使われた。

石垣の解体や積み替えでは様々な道具を用いて効率的に作業を行っていた。解体時には大縄でくくった築石を車知(ろくろ)で巻き上げて外し、そのまま修羅に固定して大棧橋から降ろした。築石の運搬方法は積み替えのときも同様に、車知を有効活用した様子分かる。

積み替え時には石垣がバランスよく積み上がるよう築石の加工が行われた。まず築石を据える予定の位置に仮置きし、隣接する築石と接触面を擦り合わせて凹凸をなくすように仕上げを行った。さらに築石の間には飼石、裏には控石を置いて石垣の安定を保つようにした。築石は仮置きと切削を何度も繰り返して成形して、周囲の築石とかみ合うまで微調整を施した上で設置された。築石を加工するときは仮置き位置から一旦降ろして成形しており、宝暦期の尾張藩では膨大な数量の築石を上げ下げして加工する技術が進展していたことが分かる。

天守台石垣の概観

12 江戸時代後期の石垣修復

宝暦の大修理完了後の天守については修理記録が確認できないため、基本的には宝暦期の天守や天守台石垣が幕末まで維持されていたと思われる。また宝暦以降幕末にいたるまで老中奉書のような石垣の破損状況が直接分かる史料は確認できない。よって名古屋城全体の石垣修復状況については随筆や日記などの記録類からわずかに分かるのみである。

江戸時代後期の石垣修復状況がよく分かるのは文政2年(1819)の事例である。同年6月12日に発生した地震によって名古屋城内外の石垣が損壊し、本丸の「東一之御門西北石垣」の曲手は危険な状態となった。このときの修復は延期が繰り返され、十数年経過した天保年間になってようやく幕府へ破損状況を報告し、天保7年(1836)に修復された。この事例から石垣修復は江戸時代後期にも断続的に行われていたと分かるが、一方で修復工事の着手までに時間を要するようになっており、江戸時代前期よりも石垣修復を行う回数が減少していたことが推察される。

また石垣修復は本来普請方が請け負うもので、寛政期や享和期までは普請奉行が修復役を務めていたようだが、文政期になると作事方が請け負うように変更されており、天保7年の修復も作事奉行が務めている。修復役が普請方から作事方に移った理由は不明だが、宝暦期には作事奉行の配下として石屋衆が存在しており、後世になって石屋や石工が石垣普請に主体的に関わるようになった結果、文政期には作事奉行の役目となったと想定される。

天守台石垣の概観

13 陸軍省管理期の石垣

廃藩置県直後の明治4年(1871)8月から順次実施された兵制改革によって、名古屋城は陸軍省の管轄となり、東京鎮台第三分営(後に名古屋鎮台に改組)が置かれることになった。

陸軍省管理期は直接的な石垣修復記録が少ないため状況が判然としない。石垣修復が確実に行われたのは明治24年(1890)10月28日に発生した濃尾地震被災時である。地震発生時は陸軍省と宮内省の間で名古屋城の移管交渉が行われている最中であった。移管は被災箇所を修理完了後に実行されることになった。修理費用は陸軍省が負担し、実際の修理は宮内省から派遣または任命された技師が担当することになった。宮内省は御殿建築に精通していた内匠寮技師の木子清敬を名古屋城に派遣して被災状況を調査した。木子は建物の状態のほか、石垣の孕みだしや倒壊についても調査を行っており、石垣の被災箇所を図面に書き残している。

木子による被災状況の調査は、被災から約一年経過した明治25年(1892)9月にも行われた。木子は当時の調査で得られた被災状況と修理方針を示した書簡を残しており、その中で前年の図面には記載されていなかった、天守台北側石垣

天守台石垣の保存方針

の孕みだしに言及している。

なお、この孕みだしは以後も修復されず、後年まで残っていたとみられる記録が存在する。昭和5年(1930)から名古屋城を管理していた名古屋市は名古屋城管理委員会を設置して名古屋城の保存方針を議論しており、会議の中では石垣の孕みだしも議題となっていた。昭和14年(1939)に開かれた第二回委員会では、文部省技師である阪谷良之進委員が天守台石垣に孕みだしがあることを懸念している。さらに昭和16年(1941)に開かれた第三回委員会では、阪谷の後任である大岡實委員も石垣の孕みを懸念しており、また名古屋市土木局の疋田武二建築課長は縣忍市長から石垣の孕んだ時期を問われ「はっきりしていないが明治24年頃と聞いている」と答えている。疋田の発言は曖昧だが木子の書簡と符合しているため、濃尾地震によって天守台石垣が孕みだしたという認識があったことが推測される。

参考文献

石川寛「名古屋離宮の誕生」(『愛知県史研究』第12号、2007年)

井上光夫「名古屋城西南隅櫓倒壊時期について」(『金鯨叢書』第38号、2012年)

名古屋城管理事務所『失われた国宝 名古屋城本丸御殿』(2008年)

14 名古屋離宮期の石垣

被災箇所への修復が大方完了した明治26年(1893)6月、名古屋城本丸と御深井丸・西之丸の一部は陸軍省から宮内省へと移管され、皇室が使用する名古屋離宮となった。

離宮時代の修復記録は比較的多く残されている。特に名古屋離宮の関係書類をまとめた「名古屋離宮沿革誌」には、名古屋離宮で行われた工事一覧が収録されており、石垣の修復に関する工事が13件記録されている。工事一覧には天守台石垣についての記録はないが、御深井丸と西之丸の石垣については頻繁に修復されていたことが分かる。御深井丸では明治30年(1897)に「御深井丸外側石垣」、明治35年(1902)に「御深井丸堀石垣」の修復が行われた。後者については詳細な記録が残っている。倒壊原因は同年8月に降り続いた大雨の影響、場所は御深井丸の東にある塩蔵構の水堀側であった。また付属図面には石垣西側4間半が孕みだし、東側9間半および折れ廻し10尺が倒壊と記載されている。このほか、大正元年(1912)には御深井丸西側天端に石垣を積み足しており、改変の様子が分かる。

西之丸では明治43年(1910)3月、事務所前の鵜首を埋め立てて石垣を増築したことが分かる。事務所とは離宮創設時に表二之門南に新設された離宮事務所のことで、鵜首とはかつて本丸南に存在した大手馬出の西側にあたる部分で、西之丸南側の石垣が北方向に入り込んだ場所である。この埋め立ては道路を拡張して車両の進入等に対応するために行われたとみられる。以降大手馬出西側の遺構は消滅し、榎多門から本丸表二之門までの間は広場となった。

同年には濃尾地震で大破した榎多門に代わって江戸城の蓮池門が移築されており、門周辺の石垣も大幅に積み直された。旧榎多門北側には離宮管理施設が増設されることになり、6月には枳形石垣に穴門が新設されて管理施設への通路となった。

大正7年(1918)と大正8年(1919)には、本丸石垣の隙間に間詰石を入れる工事が実施された。石垣倒壊の危険を防ぐための措置であったとみられる。

大正10年(1921)8月には、暴風雨によって西南隅櫓下の石垣が崩れて西南隅櫓が倒壊しており、同年10月には石垣の復旧工事が開始された。西北隅櫓の再建は大正12年(1923)に完了しているため、石垣も同時期までには復旧していたと分かる。

15 昭和戦前期の石垣

昭和5年(1930)12月、名古屋離宮は宮内省から名古屋市に移管された。また移管とほぼ同時に天守と本丸御殿は国宝に指定された。昭和7年(1932)には名古屋城一帯が史蹟に指定された。史蹟指定範囲は名古屋市に移管された城地のほか、陸軍省が管轄していた二之丸や三之丸にも及んでいた。文部省告示の指定理由によると「二之丸や三之丸は土塀などを残すに過ぎないが、城門址や堀等の遺構は保存に値する」としており、石垣についても後世に残していくべき遺産として位置づけられたことが分かる。具体的な保存事業が行われたかは不明だが、名古屋城管理委員会の議論では建物の永年保存と石垣保全を関連付けて議論している様子が見て取れる。

16 天守焼失時の天守台石垣

昭和20年(1945)5月14日の空襲により、名古屋城の大天守・小天守は本丸御殿とともに焼失し、天守台石垣も天守炎上のおおりに受けて焼損した。天守焼失後の天守台石垣の状況は当時の写真から確認できる。とりわけ穴蔵石垣は被害が激しく、穴蔵石垣や出入口・明り取り付近の石垣は焼損によって丸みを帯びており、穴蔵から枳形にかけて倒壊もみられる。外側の石垣は倒壊を免れたが、現況の天守台石垣西面・東面には焼損したとみられる築石が確認できる。

17 穴蔵石垣の積み替え工事

昭和25年(1950)、倒壊した穴蔵石垣の積み替えを行うため、名古屋市から文化財保護委員会に国庫補助の申請が出された。申請資料によると、穴蔵石垣は焼損がひどく、放置すれば外面石垣も崩壊する恐れがあったとされている。さらに今後見込まれる天守再建の際には、外面石垣を現状のまま施工できるように積み替えを実施するとしている。積み替え工事は昭和27年(1952)3月から昭和31年(1956)3月まで数回に分けて行われた。

このときの積み替え工事は、かつての石垣の景観を損なわないように計画されていた。昭和28年(1953)11月2日付の名古屋タイムズの記事では、文化財保護委員会から名古屋市に対して「種々の石垣が組み合わさった昔のままのものが眺められるように」との要望が出されていたことが分かる。また焼損した石垣の8割を積み替えるよう計画していたようである。積み替え工事完了後にあたる昭和34年(1959)9月21日付の中部日本新聞の記事では、焼損した築石が新石材に取り替えられたことが報道されており、焼損石材が計画通り新石材に取り替えられた様子が見える。

さらに昭和30年(1955)1月13日付の中部日本新聞夕刊の記事によると、積み替えは倒壊前の原形を維持するよう徹底されており、築石の大きさ・石積方法・形態が往年の状態でも復元されるように工事を進めていたことが分かる。

先述した国庫補助の申請書には、石垣積み替え工事の計画図が付属しており、計画段階での施工範囲・施工方法が確認できる。施工方法をみると、まず穴蔵石垣の地中に根石を埋め、内側に露出している部分から築石を積み替えていき、背面にコンクリートを入れて補強している。また外側石垣は現状を維持しつつ、背面に土吹付コンクリートを入れて補強している。また外面石垣上部にできた隙間には礫を埋め戻し、天端には防水舗装を施している。

ただし新聞記事や竣工写真を見る限りでは、計画図面通りに施工されていない可能性がある。さらに地中根石の積み替えを実施したかは確認できていない。

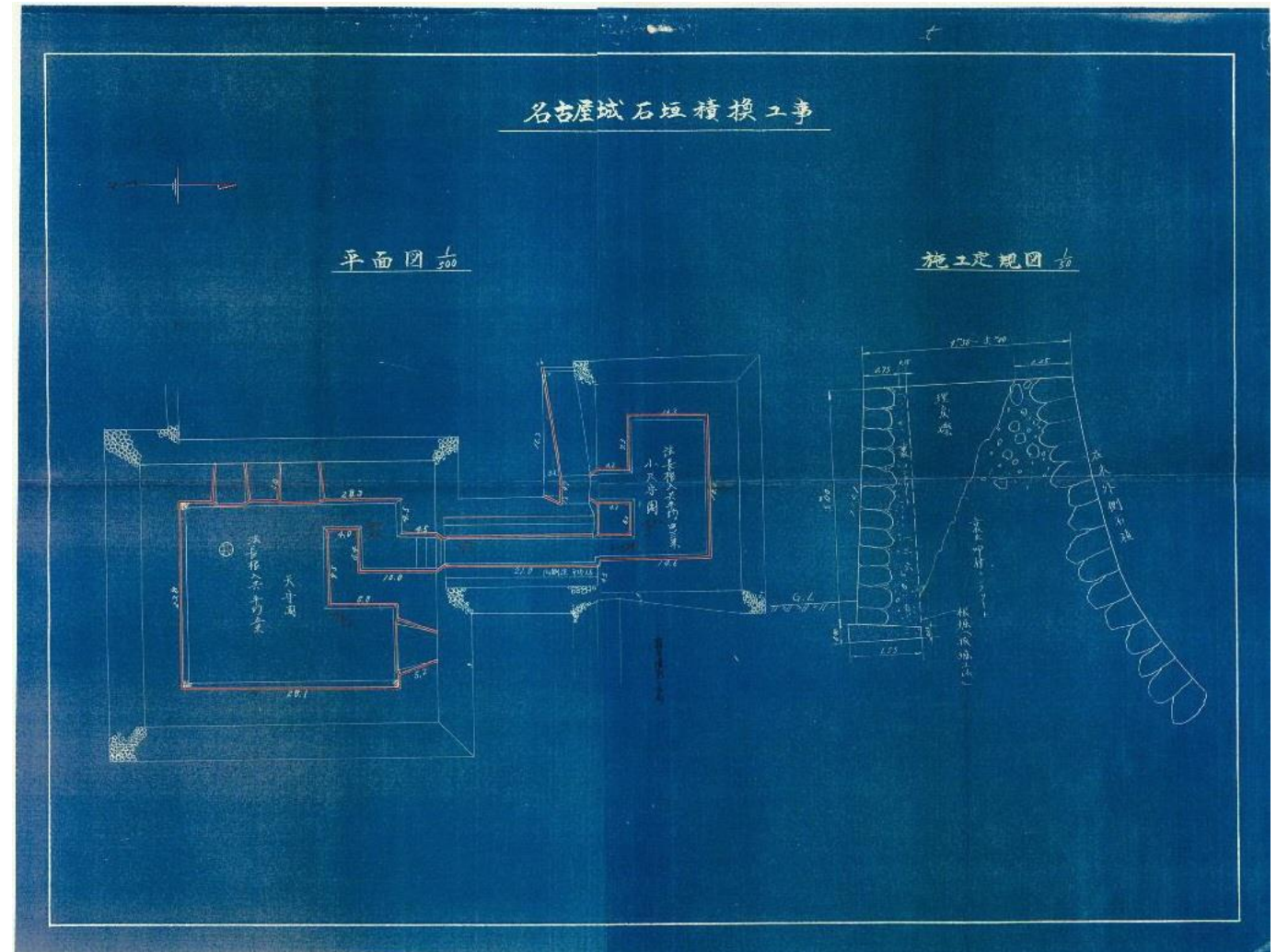


図5 「名古屋城天守閣小天守閣渡り内部石垣積換及び天端並に廊内防水舗装工事国庫補助の件申請」(愛知県教育委員会所蔵)

18 天守閣再建工事と天守台石垣

天守閣の再建工事は昭和32年(1957)に開始された。前年から実施計画が練られ、天守閣の重量を支えるために建物の基礎となるケーソンを穴蔵の下に沈設し、石垣に負担をかけない方法が採用された。このケーソンの設置作業のため、石垣の取り外しが必要となり、部分的に積み替えが行われた。特に大天守と小天守の穴蔵石垣は大幅に解体され、さらに設置作業の途中で小天守四隅の石垣が削り取られたとされている。また大天守外面石垣についても、天端付近が解体されたことが当時の写真から確認できる。よって現況石垣における外面石垣の天端付近は、昭和の再建工事の段階で積み直されたことになる。さらに外面石垣の背面にはモルタルを注ぎ込んで補強したことが分かっている。

天守閣再建工事での具体的な石垣改変状況は、詳細な記録が残っていないため確認できない。よって当時の新聞記事や記録写真を手がかりに検討していく必要がある。名古屋タイムズの工事関連記事によると、ケーソン設置作業の際には江戸時代以来の礎石が取り除かれたことが分かる。なお、この本来の礎石は現在も天守北側の御深井丸に保存されている。また小天守のケーソンについては、ケーソンに付属する持ち出し梁が外側に突き出していたため、沈下の妨げになっていた四隅の石垣を削り取って対応したことが分かる。

ケーソン設置作業完了には、鉄筋の天守閣を建造するために鉄骨の組み立て作業が行われた。組み立て作業と並行して、工事のために解体されていた石垣の積み替えが行われた。天守台の外面石垣は経年変化で不安定な状況となっていたとされており、特に北面東側には孕みだしがあって崩壊の恐れがあったため、築石の間からモルタルを注ぎ込む補強作業が行われた。モルタルを注ぎ込む際には、モルタルが漏れ出さないようにあらかじめ築石の隙間や割目に粘土を詰めていたようである。

石垣の積み替えでは、既存の石垣のほかに、解体した正門北側穴門の旧石材と新規に用意した恵那地方の御影石が使用された。さらに小天守から大天守に渡る剣堀の石垣も積み直され、戦災で破損した石樋も新しい石材で復元された。なお、石垣積み替えの際には天守台北東隅の裏込石の中から石仏や墓石が発見されている。これらは慶長年間の築城時に裏込め石として使用されたものと推測される。

また、天守閣再建工事の写真には、再建工事中の石垣が写っている。写真には大天守のケーソン設置作業で石垣上部が変形したことや、東南隅石垣が陥没したことが注記されており、その他の写真からも穴蔵内側を中心に石垣が大幅に崩されている様子が分かる。また鉄骨の組み立て工事時の写真からは、天守台天端付近の石垣が取り除かれている様子が分かり、名古屋タイムズの記事内容を写真からもうかがい知ることができる。

参考文献

名古屋タイムズアーカイブズ委員会『名古屋城再建』(樹林舎、2010年)

19 現在までの天守台石垣

天守閣再建後には、天守台石垣の修復は行われていない。よって現況の天守台石垣は、再建工事中に一部が積み直されて以降は改変されていないことが分かる。

B 古写真との比較調査

天守台外部石垣

前項で述べた通り、天守台石垣は戦後になって大きな改変を受けている。その改修履歴を明らかにするため、戦災以前に撮影された写真(「古写真」と呼称する)と、現在の石垣の写真を比較した。それにより、戦後積み替えの範囲を検討した。

天守台石垣面の情報が得られる画像について、傾きや歪みを補正し、現在の石垣のオルソ画像と比較した。違いが認められた場合は、その境界を線で結び、積み替えラインとし、後述する石垣カルテに表現した。

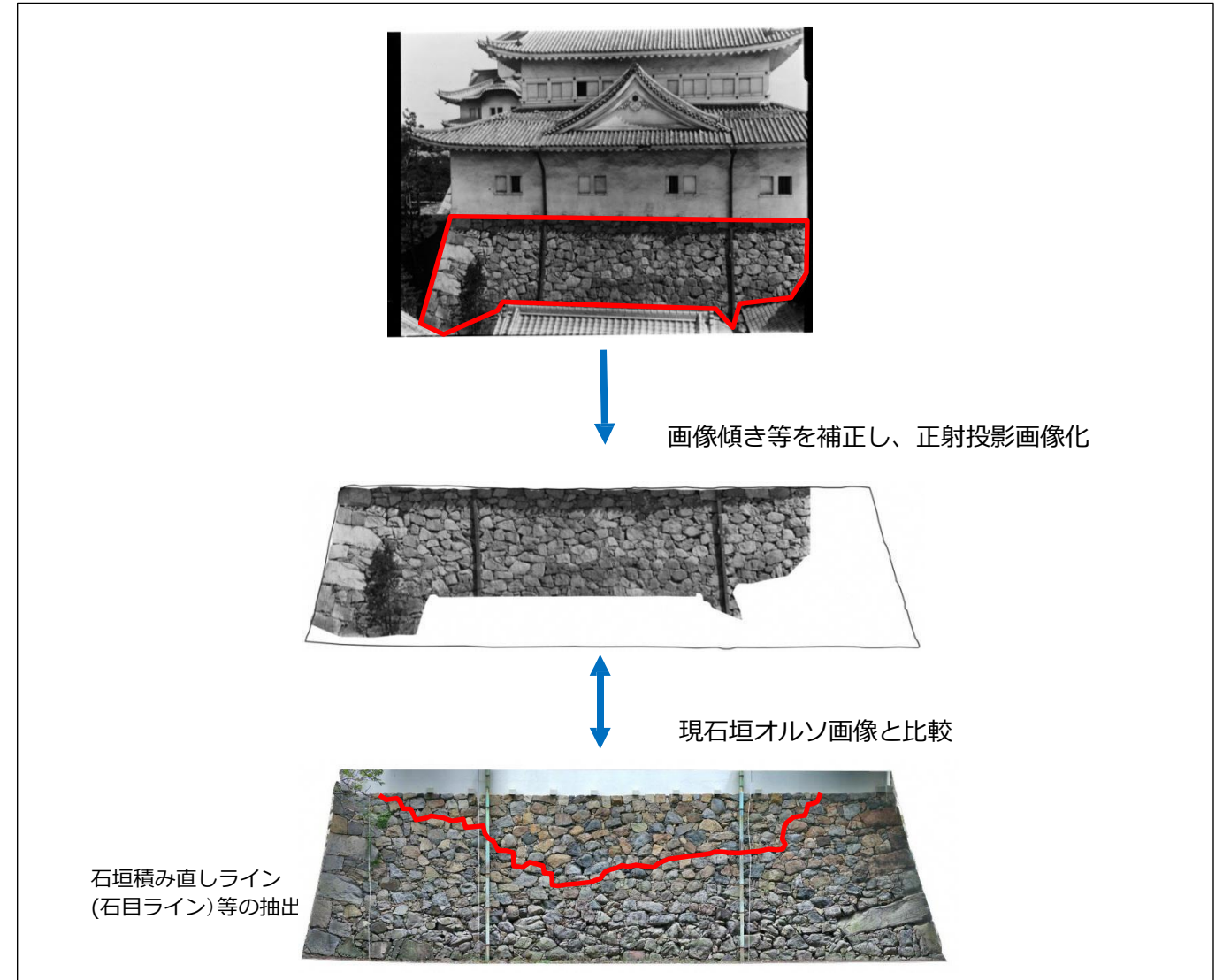
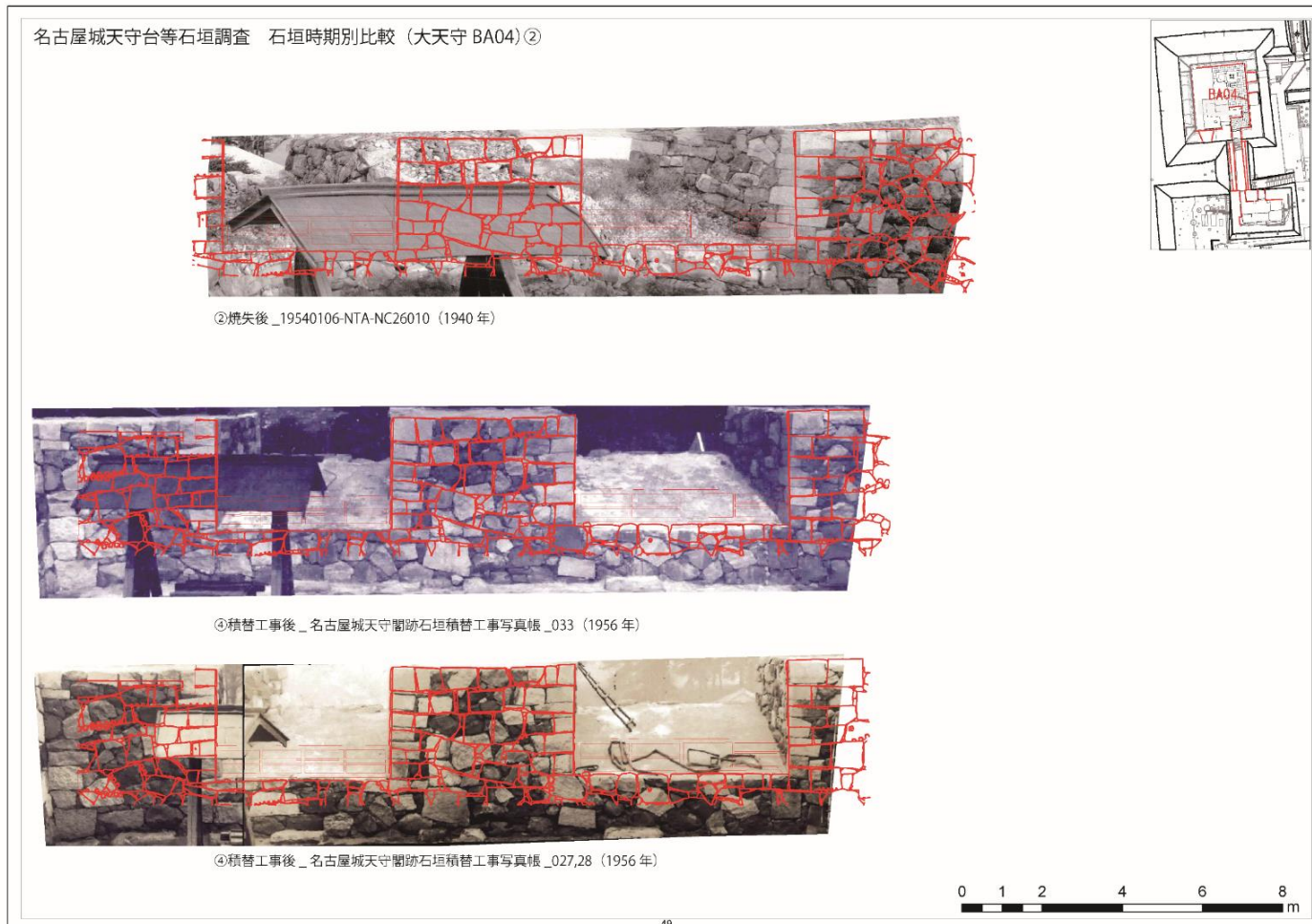
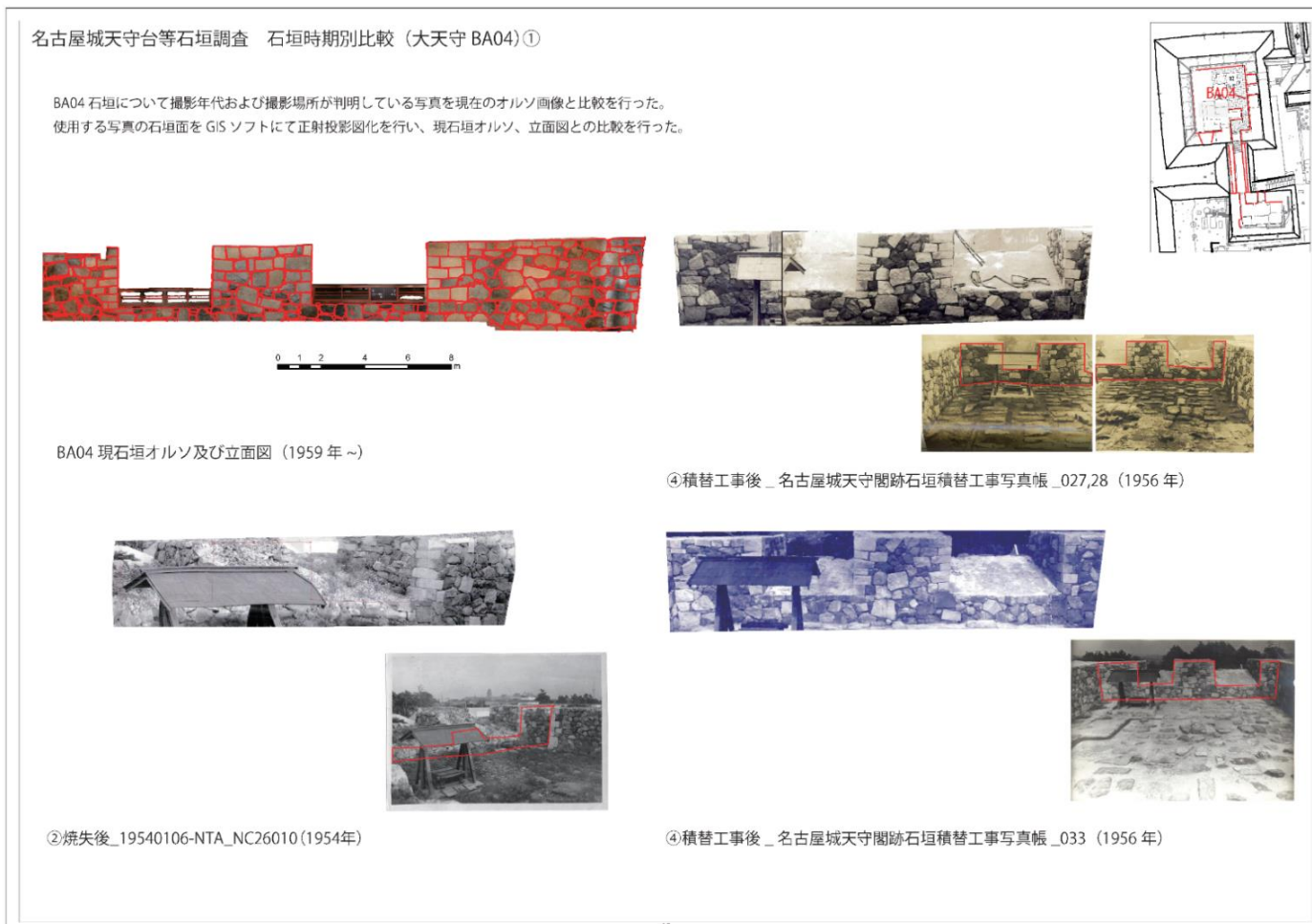


図6 古写真との現石垣の比較方法

穴蔵石垣

穴蔵石垣についても同様に調査を行った。穴蔵部石垣については戦前には板張となっており、石垣の状況を確認できる部分は少ない。唯一大天守入口付近のBA01,BA08については板張がなかったため、当時の姿を確認することができる。このため、調査では主に焼失後～現在までの写真、工事記録等を収集し、各石垣面の積直し状況を確認した。

図7には、写真が残っているBA04の例を示した。写真に残された戦後あるいは昭和27年の積み替え工事の際の穴蔵石垣の姿と、現況の比較を行ったが、全く一致しておらず、現天守閣再建時に、全面的に改変されていることがわかる。



2-2 石垣現況調査

A 天守台外部石垣

天守台外部石垣について行った各種の現況調査の概要を示す。

OU59(大天守南面)

概要

大天守南面は橋台部を挟んで西側と東側に分断されており、U59は西側に位置する。全長(裾部)約21.5m、全高(中央部)約19.1m、総面積約383.1㎡である。

石垣左端はU60との出隅で算木積み、右端はU58との入隅となる。築石部は布積みであり切込接ぎを主とするが、裾部付近や中段右側(U58との入隅付近)等で一部乱積みが認められる。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

天端部付近から近代以前右端U58天端部付近へとつながる現天守閣建設時の積み替えと考えられる目地、左端中段部より天端部付近へとつながる宝暦の積み替えに由来すると考えられる目地の2つの目地が確認された。また、慶長期が残る部分に水平方向の作業単位とみられる目地が確認された。

変状・劣化状況

中段部隅角部から石垣中央部にかけて弱い孕み出しが認められる。また中段部右端から石垣中央の裾部にかけて被熱が認められる。石材の割れや表面劣化については被熱範囲に集中しているものの、U60との出隅部角石、角脇石、裾部築石部等にも認められる。抜け落ちについては、間詰石の小規模な抜けが天端部から裾部の築石部において確認できる。

OU60(大天守西面)

概要

全長(裾部)約56.0m、全高(中央部)約19.5m、総面積約882.5㎡である。両端は出隅で算木積みであり、築石部は布積みを主とするが、裾部等一部乱積みの箇所も存在する。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

天端部に現天守閣建設時の積み替えが認められる。古写真からの判断と、現地観察による判断が一致していないが、異なる根拠に基づくため、敢えてそのままとした。また、裾部右隅は石材の種類や石積み技法が他の部分と異なっており、宝暦の大修復に伴う積み替えラインと見られる。

変状・劣化状況

中段部の築石部を中心に広範囲にわたり被熱が確認できる。石材の割れや表面劣化が、被熱範囲を中心に広がっている。しかし被熱範囲以外にも天端部隅角部、中段部の隅角部と築石部、裾部築石部に石材の割れや表面劣化が認められる。また、中段部築石部に間詰石の抜け落ちがみられた。

レーダー探査の結果から、築石長さ34cm～207cm程度、栗石厚75cm～380cm程度と推測される。レーダー探査で反応の強い部分は栗石の密度が粗い部分と考えられるが、全体(天端、中段、裾部)に反応の強い部分が見られる。

OU61(天守台北面)

概要

全長(裾部)約51.3m、全高(中央部)約19.5m、総面積約795.6㎡である。両端は出隅で算木積みであり、築石部は布積みと乱積みである。乱積みは左裾部付近等に認められる。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材加工はノミ、タタキを主とする。詳細調査により、天端石にはドリル痕も確認された。

積み替え

天端部付近に現天守閣建設時の積み替えに伴う目地が確認される。またほかに中段部隅角部より裾部築石部へとつながる目地と中段上部から右裾部へとつながる目地があり、計3つの目地が確認された。天端部付近以外の2つの目地は特に宝暦の大修復に由来する可能性が高い。

慶長期が残る部分に標高12m程度の位置で水平方向の作業単位が見られる。また、宝暦期の中にも作業単位が見られる。

変状・劣化状況

中段部から裾部中央部よりやや東側に強い孕み出しが認められる。孕み出し指数は10であり、不安定と評価される。コンターマップでは、孕みの直上は水平となっており、明確な凹みは見られない。孕み出しは、東側は急激に突出するのに対し、西側では比較的なだらかにつながっている。

また石材の割れや表面劣化(一部被熱を含む)については孕み出し部に多く認められる。その他にも天端部の隅角部や中段部の隅角部と築石部、裾部の築石部で確認される。抜け落ちはあまり顕著ではなく、裾部の築石部や中段部の築石部に間詰石の若干の抜け落ちが確認される。

さらに築石部の特徴として、石垣中央部より右側は矢穴幅が4～5cmの小型のものが右側に広がっている。詳細調査により、右隅角部の角石の割れについて、U61の面では割れの部分をモルタルで接着し補修している。補修がなされた石材はU60側の面も割れているが、そちらの方はモルタルによる接着ではなく、割れた部分に石が詰められている。

図7 古写真との現穴蔵石垣の比較方法

天守台石垣の保存方針

○ U62（大天守台東面）

天守台石垣

天守台石垣

概要

北側の隅角部付近は内堀に面しているが、それ以外の部分については現状の裾部が一段上がっており、本丸に位置している。全長(裾部)約35.6m、全高(右端部)高さ約19.5m、総面積約523.6㎡である。

ボーリング調査の結果を参照すると、一段高い部分は、地山も高くなっているものと想定される。

両端は出隅で算木積みであり、築石部は布積みと乱積みである。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

ほかの天守台石垣と同様に、天端部付近から中段部上部にかけて、水平方向に目地が認められる。最も上方の目地は戦後の現天守閣建設時の積み替えに由来するものと考えられる。内堀内では、慶長期の作業単位と見られる目地が観察される。

変状・劣化状況

一部築石や間詰石の突出が認められる。また中段部から裾部にかけて広範囲に被熱が認められる。石材の割れや表面劣化についても被熱範囲を中心に確認できるが、その他隅角部にも石材の割れが顕著にみられる。中段部築石部下方および裾部に間詰石の抜け落ちが若干確認できる。

天守台石垣

○ H141（大天守南面東側）

概要

大天守南面は橋台部の西側と東側に分けられ、H141は東側に位置する。全長(裾部)約10.2m、全高(中央部)11.9m、総面積119.6㎡である。

左端は大天守の入口部で右端は出隅となる。両端は算木積み、築石部は乱積みで構成されている。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材表面加工はノミ、タタキが認められる。

積み替え

天端部付近から左端裾部までつながる目地が認められる。戦後の積み替えに伴うと考えられる。

変状・劣化状況

中段部から裾部の広範囲に被熱が認められる。また中段部と裾部の隅角部から築石部まで全面に石材の割れや表面劣化が認められ、中段部の築石部には間詰石の抜け落ちが確認できる。

○ H140（橋台部東面）

天守台石垣

天守台石垣

概要

全長(裾部)約13.4m、全高(中央部)6.9m、総面積119.2㎡である。石垣は橋台部に位置するため両隅角部は入隅であり、築石部は乱積みで構成される。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材表面加工はノミ、タタキが認められる。

積み替え

石垣上方には左端から右端まで現天守閣建設時の積み替えに伴うと考えられるラインが認められる。

変状・劣化状況

中段部から裾部まで全面にわたり広範囲の被熱が認められる。また中段部と裾部の築石部には石材の割れや表面劣化および間詰石の抜け落ちが確認できる。孕み出しやその他変状箇所は認められない。

○ U58（橋台部西面～小天守西面）

天守台石垣

天守台石垣

概要

内堀内橋台部から本丸上の小天守西面につながる石垣であり、内堀内から小天守まで一面でつながる変則的な形状をしている。全長(天端部)約40m(小天守側約19m)、全高約14.6m(小天守側約7.8m)、総面積約311.4㎡(小天守側約94㎡)である。

左端はU59と接する入隅であり、中央付近は上部を除きU57との入隅、右端は小天守南面(H135)との出隅で算木積みとなり、築石部は橋台部で乱積み、小天守側で布積みと布積み崩しである。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とするが、小天守側で流紋岩質凝灰岩がまとまって確認される。石材の表面加工は橋台部でノミ、タタキ、小天守側で築石部がハツリ、ノミ痕である。

積み替え

中段部に昭和の積み替えの目地が認められる。また水平方向の慶長期の作業単位と思われる目地を確認した。

変状・劣化状況

橋台部の中段部においてU59と接する左端からU57と接する右端まで、広い範囲の孕み出しが認められ、中段部の広範囲に被熱も確認できる。被熱範囲とほぼ同じ範囲で石材の割れや表面劣化が確認できる。また中段部孕み出し範囲内では間詰石の抜け落ちが3か所確認できる。小天守側では築石部中段に小規模な被熱が確認され、築石部中段から裾部にかけて石材の割れ・表面劣化、間詰石の抜け落ちが確認される。

○ H135（小天守南面）

概要

全長約31m(天端)、全高約7.9m、総面積約228.9㎡を有する。石垣は右隅がU58と接する出隅(算木積)、左隅はH136と接する出隅(算木積み)である。築石部は乱積みで構成される。石種は花崗岩系、砂岩、石材表面加工は築石部がノミ痕、ハツリである。

積み替え

築石部天端～中段にかけて上部からの積み直し痕が認められる。現天守閣建設時の積み直し痕と考えられる。また、中段部に築城時の作業単位と考えられる目地を確認した。

変状・劣化状況

裾部から天端部にかけて広範囲に被熱の痕跡が確認されている。孕み出し等は認められない。被熱部分を中心に石材の割れ・表面劣化が認められ、全体的に間詰石の抜け落ちが確認される。

天守台石垣

○ H136（小天守西面）

概要

全長約23.3m(裾部)、全高約8m、総面積約164.2㎡を有する。

石垣は右隅がH137と接する出隅(算木積)、左端はH135と接する出隅(算木積み)である。築石部は乱積みで構成される。石種は花崗岩系、砂岩が主であり、石材表面加工は築石部がノミ痕、ハツリが主である。

積み替え

現天守閣建設時の積み直し痕は天端部にのみ確認され、天端部両隅角部、天端部築石部の中央に1石分の積み直し痕が認められる。また、中段部中央に隅角部から築石部にかけて慶長期の作業単位と考えられる目地が認められる。

変状・劣化状況

H136の全体に被熱が認められ、石材の割れ、表面劣化、間詰石の抜け落ちが確認される。

天守台石垣

○ H137・138（小天守北面）

概要

全長(裾部)約17.2m、全高(左端部)7.7m、総面積94.3㎡である。石垣右側に小天守の入口部があり、石垣の手前に階段がある。H137・138の石垣は左端から右側入口部にかけて階段状に積み上げられている。隅角部は左端が出隅で算木積み、右端が橋台と接する入隅、築石部は乱積み、入口部は算木積みで構成される。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

隅角部左端より中央部にかけて現天守閣建設時の積み替えに伴うと考えられる目地が確認できる。孕み出し、被熱範囲、その 他変状箇所は認められない。

変状・劣化状況

中段部の隅角部と築石部、裾部の隅角部に石材の割れや表面劣化が認められ、中段部の築石部には間詰石の抜け落ちが確認できる

天守台石垣

○ H139（小天守北階段）

概要

全長(裾部)約16.0m、全高(左端部)約3.1m、総面積約34.1㎡である。

石垣はH137・138手前の階段部より下方、H137・138とは階段を隔てて同一方向に位置している。隅角部左端は階段の一段目に相当し、右端は橋台部との入隅形状となっている。築石部は布積みと乱積みで構成される。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材表面加工はタタキが認められる。

天守台石垣の保存方針

天守台石垣は、天守閣の基礎となる石垣で、天守閣の礎石（礎石）と見られる。天守閣の基礎となる石垣で、天守閣の礎石（礎石）と見られる。

積み替え

積み替えのラインは見られないが、ビデオスコープの調査で天端から2段目まで練積状にモルタルが施されており、積み替えられている可能性がある。

変状・劣化状況

中段部の隅角部と築石部、裾部の築石部に石材の割れや表面劣化が認められ、中段部と裾部の築石部に間詰石の抜け落ちが確認できる。孕み出しや、面的な被熱などの変状は見られない。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○ U63(本丸北側石垣)

概要

全長（天端部）約13.8m、全高（中央部）約9.4m、総面積約93.4㎡である。隅角部は両端とも入隅であり、右端はU62、左端はU64と接する。築石部は布積みおよび乱積みで構成されている。石材の種類は花崗岩系や砂岩を主とし、石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

左端天端部付近で新補材によって積み直された目地が認められる。また中段部には両端へとつながる水平方向の目地がみられる。

変状・劣化状況

天端部の築石に石材の割れや表面劣化がまとまってみられる。裾部については2石ほど割れや表面劣化がみられ、間詰石の抜け落ちも若干みられる。孕み出し、被熱、その他変状箇所はみられない。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○ U64(本丸と御深井丸をつなぐ橋台西面)

概要

全長（裾部）約26.5m、全高（中央部）約5.9m、総面積約104.5㎡である。両端とも入隅であり、左端はU65、右端はU63と接する。築石部は落とし積みおよび乱積みである。石材の種類は砂岩が多く、一部花崗岩系がみられる。石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

裾部付近に水平方向の目地が認められる。目地の下方は乱積みであることから、積み直しに由来する目地と思われる。

変状・劣化状況

中段部の隅角部、築石部ともに石材の割れや表面劣化がみられ、築石部には弱い孕み出しも認められる。間詰石の抜け落ちは少ないが、裾部の築石部および中段の隅角部に比較的大きな石材の抜け落ちが確認できる。面的な被熱はなく、その他変状もない。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○ U65(内堀部北側)

概要

全長（天端部）約77.5m、全高（中央部）約5.3m、総面積約393.1㎡である。両端とも入隅であり、右端はU64、左端はU66と接する。築石部は乱積みを主とし、東側は積み直しによる落とし積みが認められる。石質は花崗岩系と砂岩である。石材の表面加工はノミ、タタキである。

積み替え

目地は9本確認できる。左端付近水平方向の目地①は石材のサイズ、表面加工の違いや積み方の違いなどから積み直しもしくは作業単位による目地と考えられる。石垣東側に天端部から裾部にかけて垂直に延びる目地②はこの部分の石質、石材のサイズ、積み方が顕著に異なることから、積み直しに由来するものと考えられる。石垣面左側に椀形に認められる目地③は石質に顕著な違いは認められないが積み方に違いが認められるため、作業単位か積み直しに由来する目地と考えられる。石垣中央の裾部で逆椀形に認められる目地④は目地の上側に比べて下側は石材が古く積み方も異なるなど石垣の新旧が認められるため積み直しに由来する目地と考えられる。石垣中央を天端部から裾部にかけて垂直方向に延びる目地⑤は目地の左右で積み方に差が生じていることから、積み直しもしくは作業単位に由来する目地と考えられる。石垣天端付近に水平に延びる目地⑥は目地の上下で石質、積み方に違いが認められることから作業単位か積み直しによる目地と考えられる。石垣右側に天端部から裾部にかけて垂直方向に延びる目地⑦は石材の表面劣化や石材のサイズに差が認められることから積み直しに由来する目地と考えられる。石垣右側天端部付近の水平方向の目地⑧は目地を境に石材サイズが顕著に異なるため、小規模な積み直しに伴う目地と考えられる。石垣右側で天端部より裾部へ垂直方向に延びる目地⑨は目地の右側が落とし積みで左側が乱積みになっていることから、積み直しに由来する目地と考えられる。

変状・劣化状況

中段部築石部の4か所で弱い孕み出しがみられる。石垣面全体で石材の割れや表面劣化、間詰石の抜け落ちが多い。東側の一部積み直されている部分については割れや表面劣化、間詰石の抜け落ちが少ない。被熱などその他変状箇所はみられない。

○ U66(内堀側西側)

概要

全長（天端部）約204.5m、全高（中央部）約5.6m、総面積約1105.2㎡である。両端とも入隅であり、右端はU65に接する。築石部は落とし積み、乱積みを主とする。落とし積みは石垣面左側および右側上方に多く、乱積みは下方および中央部分に多く認められる。石質は砂岩が多く、一部花崗岩系が認められる。表面加工はノミ、タタキが多い。

積み替え

目地は15本程度確認できる。天端部より椀形に入る目地や水平方向に延びる目地は小規模な積み直しもしくは積み直し作業時の作業単位を示している可能性が高い。一方、天端部から裾部へ垂直方向に延びる目地については石積み技法が異なったり、石質、石材サイズ等が異なる場合が多く、大規模な積み直しに由来する目地である可能性が高いと考えられる。

変状・劣化状況

石垣面中央部分より右側で弱い孕み出しが局所的に4か所みられる。石材の割れ・表面劣化はあまり多くなく、砂岩の風化による割れが全体的にみられる。間詰石の抜け落ちは落とし積みの箇所には少なく、乱積みの箇所にやや多くみられるが、U65に比べると少ない。被熱などその他変状箇所はみられない。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

天守台外部石垣現況調査まとめ

現況調査の際に、天守台外部石垣各面で観察された所見を整理する。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○積み替え範囲

大天守台の石垣上部には現天守閣建設時の積み替えに伴う目地や宝暦の大修理に伴うと考えられる目地がみられる。戦後の積み替えの目地については、古写真との比較によるものと、現地観察を行い、築石の矢穴の大きさや被熱の有無などから導いた二つをカルテに表記した、。現時点ではどちらが正しいとも決めかねるため、今後の調査研究の中で精査する。

宝暦の大修理に伴う積み替えの目地は、これまでの研究史を追認することとなった。その結果、天守台石垣が創建された慶長期の石垣についても、天守台南西隅や天守台北東隅（U61中段部隅 角部から裾部築石部）などにその姿を残していることも確認した。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○石垣の孕み出し

弱い孕み出しは各所にみられたが、特に大天守台北面U61に強い孕み出しが確認できる。孕み出しが顕著な部分の上端は石材が細かく割れており、変状は大きい。この孕み出しの状況については、別に整理を行った(3－2参照)。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○石材の被熱

ほぼすべての面で確認できたが、特に大天守台西面U60、東面U62、小天守台東面H136、南面H135で、面的に被熱が認められた。一方、H137・H138、H141の小天守入口階段にあたる部分では被熱は認められなかった。現天守閣建設時の積み替えのためと考えられるが、戦後の積み替えがみられる面でも被熱部分がそのままにしてある箇所が 多くあり、積み替えが最小限行われたものであったことが推測できる。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○石材の割れ・表面劣化

孕み出しや被熱の影響のある箇所で顕著にみられる。特にU61天守台北面の孕み出し部の石材の割れは石材が縦方向に割れていることもあり、注意が必要と考えられる。また天守台南西隅、北西隅の隅角部の割れは著しく、角石への力の掛かり方を検討する必要が考えられる。

被熱により割れ・亀裂がある石材については別途整理したが(3－3)、特に来場者の動線上に位置する石垣については、その安全対策が必要である。

○石材の抜け落ち

築石の抜け落ちに関しては今回対象とした面では確認できなかった。しかしながら間詰石の抜け落ちについては 多数確認された。特に孕み出し部における間詰石の抜け落ちは顕著である。また間詰石の中に大型の矢穴や刻印 が確認できるものが存在するが、それは積み替えの際に余った築石などを割って間詰石に転用して、空いている箇所に詰めたものと考えられる。

天守台石垣の隅角部と築石部、裾部の築石部

○昭和期の積み替え

天守台石垣の各面で、現天守閣**建設時**と思われる積み替えラインが認められる。古写真との比較で確認した目地は、石垣の観察によっても追認される。また、小さな矢穴の存在やモルタルの痕跡も確認されており、江戸時代の石垣の姿を失っている。

石垣No.	孕み出し	被熱範囲	割れ・表面劣化	抜け落ち	その他の変状点	目地
U59	あり(弱)	あり	あり	あり	なし	あり
U60		あり	あり	あり	なし	あり
U61	あり(強)		あり	あり	なし	あり
U62		あり	あり	あり	なし	あり
H141		あり	あり	あり	なし	あり
H140		あり	あり	あり	なし	あり
U58	あり(弱)	あり	あり	あり	なし	あり
H135		あり	あり	あり	なし	あり
H136		あり	あり	あり	なし	あり
H137			あり	あり	なし	あり
H138			あり	あり	なし	あり
H139		あり	あり	あり	なし	なし
U63			あり	あり	なし	あり
U64	あり(弱)		あり	あり	なし	あり
U65	あり(弱)		あり	あり	なし	あり
U66	あり(弱)		あり	あり	なし	あり

表2 天守台外部石垣現況調査まとめ

B 穴蔵石垣

隠ぺい部を除く穴蔵石垣については、大天守台の石垣などと同様に石垣オルソ画像を撮影し、オルソ画像を用いた石垣カルテを作成した。カルテによりながら、現況を整理する。

OSA01(小天守口御門)

全長約5.1m、全高約4.0m、総面積約19.4㎡である。
隅角部は両端ともに出隅で、算木積みである。築石部は乱積みで構築されている。石材の種類は花崗岩系および砂岩を主とし、石材の表面加工はアラワリ、ノミ、タタキである。
天端部から裾部にかけて間詰石の抜け落ちが認められ、築石部中段右側に大きな空隙が認められる。目地もしくは間詰石が抜け落ちた部分よりモルタル・コンクリートが充填されていたことが確認できる。
裾部には一部被熱した築石が認められ、他の築石と表面状況が異なることから、積替えの目地が考えられる。孕み出し、築石の割れや表面劣化等その他変状箇所は認められない。

OSA02(小天守口御門)

全長約5.2m、全高約4.2m、総面積約20.2㎡である。
隅角部は両端ともに出隅で、算木積みである。築石部は乱積みで構築されている。石材の種類は花崗岩系および砂岩を主とし、石材の表面加工はアラワリ、ノミ、タタキである。
間詰石の抜け落ちが天端部、中段部、裾部ともに認められる。また、右隅角部及び築石中段部に一部表面劣化・割れが認められる。裾部には被熱した築石が2石認められ、他の築石と表面状況が異なることから、積み替えされていない可能性が考えられる。孕み出し等その他変状箇所は認められない。

OSA03(小天守口御門部)

石垣面のほぼすべてが現天守により隠ぺいされており、現状では隅角部のみ観察可能である。現在の観察可能範囲は、延長約0.5m、高さ約3.6m、総面積約2.0㎡である。
隅角部は算木積みで構成される。石材の種類は花崗岩系、砂岩を主とし、割加工はアラワリ、石材の表面加工はスグレ状にノミ加工が施されている。
隅角部に間詰石の抜け落ちが確認される。孕み出し、被熱範囲、その他変状箇所は認められない。

OSA04(小天守口御門部)

石垣面の一部が現天守柱に隠ぺいされている。現在の観察可能範囲は全長約5.1m、全高約3.6m、総面積約18.2㎡である。
隅角部は両端ともに出隅で、算木積みである。築石部は乱積みで構築されている。石材の種類は花崗岩系および砂岩を主とし、石材の表面加工はアラワリ、ノミ、タタキで構成されている。
中段、裾部の築石部、隅角部に間詰石の抜け落ちが確認される。また、中段築石部、裾部隅角部に石材の割れや表面劣化が認められる。孕み出し、被熱等、その他変状箇所は認められない。

OSA05(小天守奥御門)

全長約4.9m、全高約3.5m、総面積約16.2㎡である。
隅角部は両端ともに出隅で、算木積みである。築石部は乱積みで構築されている。石材の種類は花崗岩系および砂岩を主とし、石材の表面加工は築石がアラワリ、ノミ、タタキ、隅角部はスグレ状にノミ加工が施されている。
築石部中段、裾部、隅角部中段に間詰石の抜け落ちが確認される。その他変状点は認められない。

OSA06(小天守穴蔵西側)

石垣面左側が一部、現天守の壁により隠ぺいされている。現在の観察可能範囲は、全長約10.3m、全高約3.6m、総面積約35.2㎡である。
隅角部は両端ともに出隅である。右側は算木積みであるが、左側は隠ぺい部のため、確認できていない。築石部は一部布積み状だが、基本乱積みで構築されている。石材の種類は花崗岩系、砂岩を主とし、石材の表面加工はアラワリ、ノミ、タタキである。
石垣面全体的に間詰石の抜け落ちが確認され、中段築石部に割れ(1石)、付着物のある築石(1石)が確認できる。裾部に被熱を受けた築石(1石)が確認され、被熱を受けた石を含む裾部に積み替えラインが考えられる。その他変状箇所は認められない。

天守台石垣の保存方針

○ BA01(大天守口御門)

全長約5.5m、全高約5.3m、総面積約25.6㎡を有する。

石垣は両角ともに出隅、算木積み、築石部は乱積みを呈する。石種は花崗岩系、砂岩、石材の表面加工はノミ、タタキを主とし、隅角部はスダレ状のノミ加工が施される。

中段部下方(隅角部、築石部)、裾部(隅角部)に石材の割れ・表面劣化と間詰石の抜け落ちが確認される。また、中段下方(築石部)には被熱を受けた石材が1石認められる。その他変状箇所は認められない。

○ BA02(大天守口御門)

全長約10.3m、全高約5.0m、総面積約44.2㎡を有する。

石垣は右隅がBA08 と接する入隅であり、左端はU59と接する出隅で算木積みである。築石部は布積みと乱積みで構成される。石種は花崗岩系、砂岩であり、石材表面加工は築石部がアラワリ、タタキ、左隅出隅部がスダレ状ノミ加工である。

中段(隅角部、築石部)、天端部(築石部)に石材の割れ・表面劣化が認められ、中段・裾部の築石部に間詰石の抜け落ちが確認される。中段・天端部(築石部)に被熱を受けた石材が2石認められる。その他変状箇所は認められない。

○ BA03(大天守奥御門)

全長約4.4m、全高約4.4m、総面積約18㎡を有する。

右隅はBA01と接する出隅で算木積み、左隅はBA04と接する入隅を呈する。石種は花崗岩系、砂岩で、石材表面加工は築石部がノミ、タタキ、右隅隅角部がスダレ状ノミ加工で構成される。

天端部、中段、裾部の隅角部、築石部で間詰石の抜け落ちが確認され、裾部(隅角部)に割れ・表面劣化が1石認められる。その他変状箇所は認められない。

○ BA04(大天守穴蔵東側)

石垣面には2か所の明取が設置される。全長約27.6m、全高約4.4m、総面積約72.0㎡を有する。

左端はBA05と、右端はBA03と接する入隅である。築石部には2か所の明取があり、明取の両端は出隅、算木積みを呈する。石種は花崗岩系、砂岩、石材表面加工はノミ、タタキを主とし、明取の算木積部分はスダレ状のノミ加工が認められる。

左端には縦方向の目地が認められる。

石垣面全体にわたり石材の割れ・表面劣化、間詰石の抜け落ちが認められ、天端部(築石部)に1石被熱を受けた石材が認められる。また、築石部右側には表面にモルタル・コンクリートが付着した石材が確認される。右側明取下方には墨書が施された可能性がある石材(1石)も認められる。その他変状箇所は認められない。

○ BA05(大天守穴蔵北側)

西側約3分の1が現天守壁により隠ぺいされており、確認ができていない。現在確認できる石垣寸法は全長約13.6m、全高約3.1m、総面積約42.0㎡を有する。

左端はBA09、右端はBA04と接する入隅であり、築石部は布積みで構成されている。石種は花崗岩系、砂岩、石材表面加工はノミ、タタキである。

石垣面全体に間詰石の抜け落ちが認められ、天端部から裾部の築石部で石材の割れ・表面劣化が認められる。また、築石部の中段、裾部に被熱した石材が4石確認できる。その他変状箇所は認められない。

○ BA06(現大天守エレベータ東側)

全長約5.5m、全高約3.6m、総面積約19.7㎡を有する。

左隅はBA07と接する出隅(算木積み)、右隅は現天守壁により隠ぺいされており、詳細は不明である。築石部は布積みで構成されている。石種は花崗岩系、石材の表面加工はノミ加工(築石部)とスダレ状ノミ加工(隅角部)である。

築石部の中段、裾部に間詰石の抜け落ちが確認され、天端部と中段築石部には石材の割れ・表面劣化が2石認められる。その他変状箇所は認められない。ビデオスコープでは石垣背面にコンクリート壁が確認された。

○ BA07(大天守奥御門)

全長約4.5m、全高約4.1m、総面積約13.0㎡である。

左隅はBA03、右隅はBA06と接し、両端ともに出隅で算木積みである。築石部は布積み(切込接ぎ)である。

中段築石部に間詰石の抜け落ちが確認される。また、左隅中段に「東南二」の墨書が認められる。その他変状箇所は認められない。ビデオスコープでは石垣背面にコンクリート壁が確認された。

○ BA08(大天守奥御門)

全長約5.3m、全高約4.1m、総面積約21.4㎡を有する。

右隅はBA07 と接する出隅(算木積み)、左隅はBA02と接する入隅を呈する。築石部は布積みである。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がアラワリ、タタキ、右隅出隅部はスダレ状ノミ加工である。

石垣全体で間詰石の抜け落ちが確認される。また、裾部築石部に被熱し、表面が劣化した石材が1石確認できる。その他変状箇所は認められない。ビデオスコープでは石垣背面にコンクリート壁が確認された。

○ BAR01 (BA04の北側明取)

全長約4.7m、全高約2.9m、総面積約9.7㎡を有する。

両端ともに出隅であるが、右隅は外部石垣U62と接し、現窓枠等のため、詳細は不明である。両隅ともに算木積みと考えられる。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がアラワリ、タタキ、右隅出隅部はスダレ状ノミ加工である。

左隅中段の隅角部に割れ・表面劣化が認められ、石垣面下方を中心に間詰石の抜け落ちが確認される。その他変状箇所は認められない。

○ BAR02 (BA04の北側明取)

全長約4.7m、全高約2.9m、総面積約9.9㎡を有する。

右隅はBA04、左隅は外部石垣U62と接する出隅である。右隅は算木積みである。築石部は布積み状を呈している。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がアラワリ、タタキ、右隅出隅部はスダレ状ノミ加工である。

中段築石部に石材の割れ・表面劣化が認められ、中段築石部石材の一部に被熱を受けた範囲が確認される。また、中段築石部には表面にモルタル・コンクリートが付着した石材が確認される。その他変状箇所については認められない。

○ BAR03 (BA04の南側明取)

全長約4.6m、全高約2.8m、総面積約9.8㎡を有する。

左端はBA04と接し、右端は外部石垣U62と接する。両隅ともに出隅である。左隅は算木積みであるが、右隅は現窓枠のため、詳細は不明である。築石部は布積みを呈する。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がノミ、タタキ、左隅角部はスダレ状ノミ加工が認められる。

中段部に石材の表面劣化が認められ、天端から裾部に間詰石の抜け落ちが確認される。また、中段に被熱を受けた石材が2石確認される。その他変状箇所は認められない。

○ BAR04(BA04の南側明取)

全長約4.7m、全高約3.0m、総面積約9.7㎡を有する。

右端はBA04と接し、左端は外部石垣U62と接する。両隅ともに出隅である。右隅は算木積みである。築石部は布積み(切り込み接ぎ)を呈する。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がノミ、タタキ、右隅角部はスダレ状ノミ加工が認められる。

天端部築石部に石材の表面劣化が認められ、石垣面全体に間詰石の抜け落ちが確認される。また中段築石にはモルタルの付着した石材が確認される。その他変状箇所は認められない。

○ BAR05(大 天守穴蔵の南側明取)

全長約5.2m、全高約2.6m、総面積約10.2㎡を有する。

右端はBA10と接し、左端は外部石垣U59と接する。両隅ともに出隅である。左隅は算木積みを呈する。右隅は現窓枠のため詳細は不明である。築石部は乱積みである。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がノミ、タタキ、左隅角部はスダレ状ノミ加工が認められる。

天端部、中段の築石部に間詰石の抜け落ちが確認される。また中段築石にはモルタルの付着した石材が確認される。その他変状箇所は認められない。

○ BAR06(大天守穴蔵の南側明取)

全長約5.0m、全高約2.4m、総面積約8.7㎡を有する。

右端はBA10と接し、左端は外部石垣U59と接する。両隅ともに出隅である。右隅は算木積みである。築石部は布積み(上部)、乱積み(下部)を呈する。石種は花崗岩系、砂岩を主とし、石材表面加工は築石部がノミ、タタキ、右隅角部はスグレ状ノミ加工が認められる。

左隅裾部及び中段築石部に石材の表面劣化(2石)が認められ、中段築石部を中心に間詰石の抜け落ちが確認される。中段築石部に被熱を受けた石材(1石)が認められる。また、中段築石部にモルタル付着が認められ、また右隅中段に判読不明であるが墨書が認められる。その他変状箇所は認められない。

5) 穴蔵石垣現況調査まとめ

穴蔵石垣は、昭和27年からの積み替え工事と、現在の天守閣建設時に極めて大規模に改変されていることがわかっており、今回の現況調査では、その昭和の改変を追認することとなった。ただし、石垣が築かれている位置に関しては、今回行った測量調査の結果と、昭和実測図との対比により、ほぼ原位置に積まれていることが確認された(表3)。

変状・劣化状況に関し、穴蔵石垣では孕み出しが認められず、石材の割れや表面劣化についてもほとんどみられない。しかし、間詰石の抜け落ちは多数確認でき、抜け落ちた穴から石垣背面にモルタルが充填されていたことが確認できる。

被熱した石材はわずかではあるが確認できる。戦後の積み替えに際し、再利用されたものと考えられる。特に、中段部や天端部の築石部に被熱している石材については積み替えの際に被熱した石材を再利用したものと判断できるが、現天守閣建設時のケーソンの範囲から外れる部分で、確認できる範囲の最下位で被熱している築石については、積み替えられていない可能性を残している。その場合、下に根石が原位置で残存していることもあり得るため、確認の必要がある。

いずれにせよ、築石の大半に被熱が認められないことや石垣背面にモルタルが充填されている様子から、穴蔵石垣は現在確認できる部分の大半が戦後の積み替え工事、現天守閣建設に伴う工事によって新たに積み替えられたものと判断できる。そして、戦後の写真との比較から、その石材や積み方も、全く旧状をとどめていないことが確認された。

根石については戦後の積み替え工事の仕様の通りであれば、根石まで手が加えられているものとみられるが、現時点では観察できず、確認できていない。ケーソンの範囲から外れる部分については、残存している可能性もあるため、今後、調査により確認する必要がある。

石垣No.	石垣現況調査(石垣カルテ)						備考
	孕み出し	被熱範囲	石材割れ・表面劣化	抜け落ち	その他変状点	石目	
SA01	なし	あり(少)	なし	間詰石	付着物	あり	モルタル・コンクリート充填
SA02	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	あり	
SA03	なし	なし	なし	間詰石	なし	なし	
SA04	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	
SA05	なし	なし	なし	間詰石	なし	なし	
SA06	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	付着物	あり	モルタル・コンクリート付着
BA01	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BA02	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BA03	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BA04	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	なし	あり	墨書
BA05	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BA06	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	背面コンクリート壁
BA07	なし	なし	なし	間詰石	なし	なし	背面コンクリート壁、墨書
BA08	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	背面コンクリート壁
BAR01	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BAR02	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	付着物	なし	モルタル・コンクリート付着
BAR03	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BAR04	なし	なし	あり(少)	間詰石	なし	なし	
BAR05	なし	なし	なし	間詰石	なし	なし	
BAR06	なし	あり(少)	あり(少)	間詰石	付着物	なし	モルタル・コンクリート付着、墨書

表3 天守台 穴蔵石垣現況調査まとめ

2-3 発掘調査

A 大天守台周辺

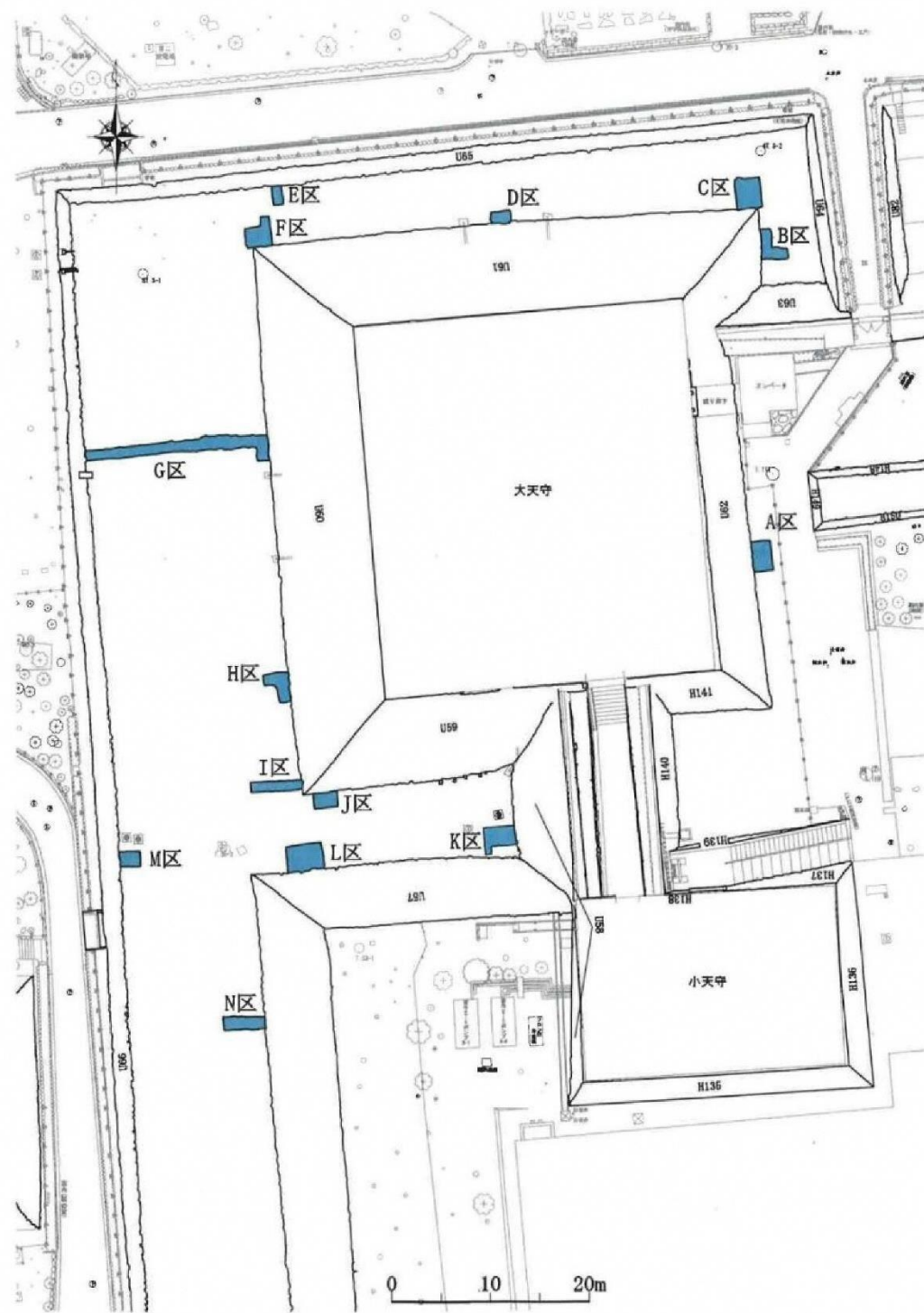


図8 調査位置図

天守台周辺とくに内堀内については、初めての発掘調査であり、石垣の地下部分や「根石」についての状況のみならず、築城当時の土木工事や堀底の経年変化等に関する情報を得ることができた。以下、項目ごとにまとめを行う。

- ・ 戦前(第二次大戦前)の堀底層について、B・C・D・E・F・G・M・N地点で確認した。確認されなかった地点については、戦後の現天守閣建設工事での攪乱が原因として考えられる。
- ・ 地山層についてはC・H・I・M・N地点で検出した。H・I・M・N地点は、天守台西側の内堀に位置し、現地表からおおよそ1.1m程度の深さ、標高5mより少し高いところで共通する。北側内堀では、C地点のみで地山の可能性のある土層を観察しているものの、他地点では確認するに至っていない。G地点では西端部で、1.2mを超えても地山に至らず、築城時からあるいは後世なのか、堀が深くなっていることが推測された。

- ・ D・F・G・H地点については、宝暦年間に石垣修理が実施された部分に相当する。宝暦期の修理が、地下部分に及ぶかどうかについて着目して調査を行った。基本的には地下1目から築城当初(慶長期)の石垣が残存すると思われる。G区は、おそらく宝暦期と思われる前面の列石等があり、宝暦期の石垣が地下部分1段目まで及ぶ可能性が高い。また、D・G・H地点においては、慶長期の石垣前面にそって幅の狭い掘り込みがあり、瓦片が含まれていることから、築城以降に何らかの目的をもって施工されたものと思われる。憶測をもって可能性を挙げれば、宝暦期の修理の際の施工と推測される。
- ・ 内堀の西側および北側の石垣つまり御深井丸側石垣については、M・G・E地点で調査を行った。M地点・G地点では石垣前面近くまで、瓦片が集中して堆積する様子が観察された。現時点では、宝暦期の修理に伴う集積と推測するにとどまる。G地点西端では、根石と思われる石下端は盛土で押さえられていると思われ、M地点では後世(宝暦期?)の攪乱が、根石下端に及ぶことが考えられる。M地点では石積が粗く、後世に積み直しが行われている可能性が高いことから、積み直しに伴う掘削等により、盛土層が一部削られている可能性が指摘できる。
- ・ 今回唯一、入隅近くの調査となったK地点では、石垣地下部分の下部前面に、角礫等で入念な捨石積みが行われていることが判明した。
- ・ 小天守側石垣(U56とU57)では、濃尾地震被災(明治24年/1891年)により、角隅部を含んで修理を行っている。L地点では、修復の際の工事痕跡と思われる状況が観察され、N地点では、修理工事の際の攪乱と思われる土層が検出された。
- ・ N地点では、石垣前面を強化するための版築状の盛土層の施工がみられた。
- ・ 今回の発掘調査における見解として、石垣地下部分での不安定要素は大天守台においてはほとんど認められなかった。一方、周辺の御深井丸側や小天守西側石垣では、後世の積み直しに伴う地下部への影響を考慮する必要があると思われる。

以下、今回の調査で、特に着目すべき地点について示す。

☆F地点

調査概要 F地点は大天守台北面(U61)石垣の西端隅角部に相当する。大天守台北面隅角部の根石状況と積み直し履歴の確認、戦前堀底層及び創建当時の盛土層の有無確認、及び石垣安定性の確認を目的に調査を行った。

調査結果 地表より下へ二目の角石上半までを確認した。検出した角石は地上部の角石材と比べて小型に見え、石底までの掘削は危険であると考えられたため掘削をとどめた。



写真F-1 石垣地下部分状況/北から



写真F-2 石垣地下部分状況/西から



写真F-3 石垣地下部分状況/北から
角石の上半を加工している様子。



写真F-4 深堀部分/左下、西から
盛土層の上面を検出した。

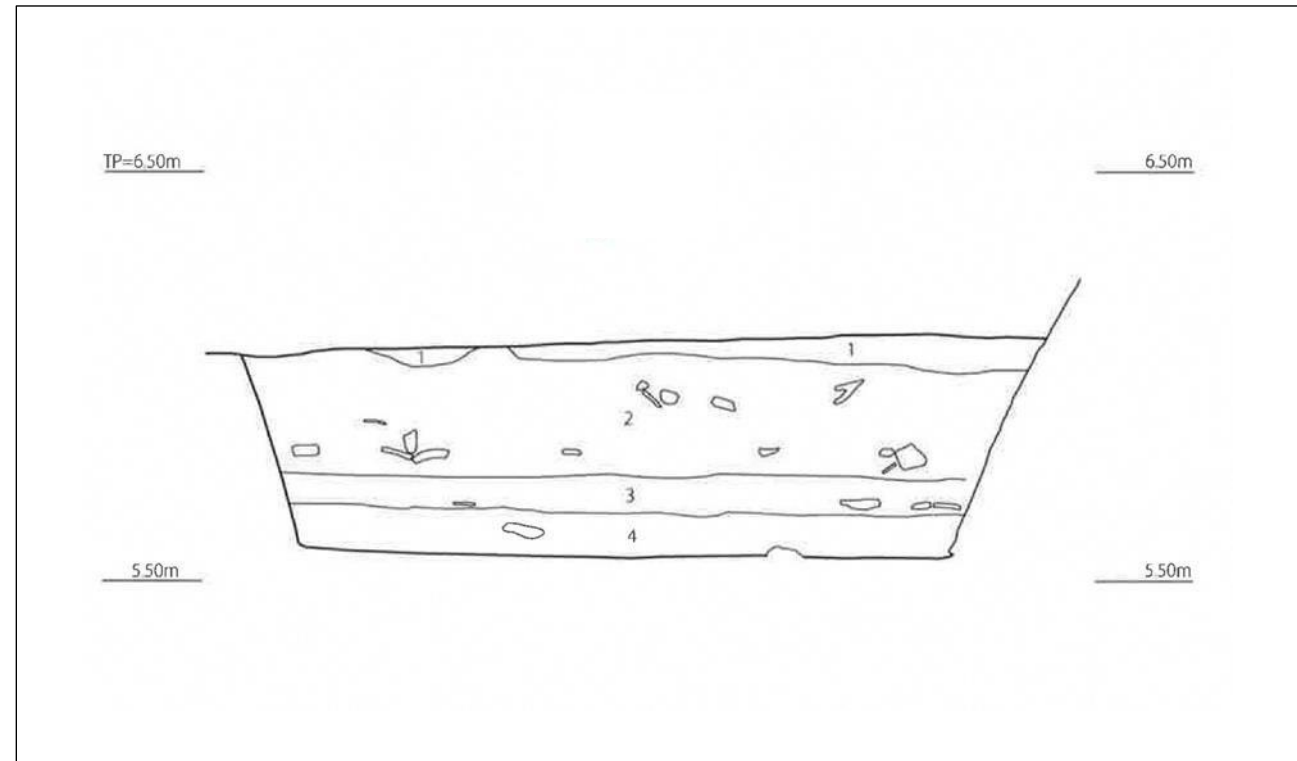


図9 F地点 東壁土層図

[F地点 東壁土層図]

- 1層 表土層(湛水状態が長く、グライ化している。)
- 2層 明褐色土めだつ、戦災ガラ層
- 3層 黒褐色土/旧表土(旧堀底)
- 4層 近世埋土/瓦片めだつ

今回、検出された地下の角石は、旧表土(旧堀底面)より上の部分が、地上部の勾配に合わせて加工されていたと推定される。土層堆積としては、表土下より戦災層(焼土層)及び戦前堀底層を確認した。また、戦前堀底層の下方より創建時と思われるブロック混土の盛土層を検出した。

安全性を考慮して掘削し、また保存を優先したため、地山層の確認には至らなかった。

☆I地点

調査概要 I地点は大天守台西側(U60)石垣の南端に設定した。大天守台南西側の隅角部根石の安定性、積み直し履歴の確認、戦前堀底層、地山層の有無確認を目的に調査を行った。

調査結果 I地点では良好な土層の堆積状況が確認され、戦災層・戦前地表土(旧堀底層)が残り、瓦の混じる層をはさんで築城時と考えられるブロック混土や砂質土の盛土層が堆積していた。地表からおよそ120cmのところでは、地山と思われる砂質土層を確認した。

石垣前面部では、最下段の石の下端付近まで掘削を行った。これらの捨石は、最終的には、断面観察から砂質の盛土層に掘り込まれた地業掘り込みの埋め戻しに伴って、埋積したものと推測している。地山直上で観察された盛土層のうち、ブロック混土の15層は、20cmの厚さがあり、溝状の平面形を呈す砂質土である12層に切られていた。どちらも、出土遺物はなかった。

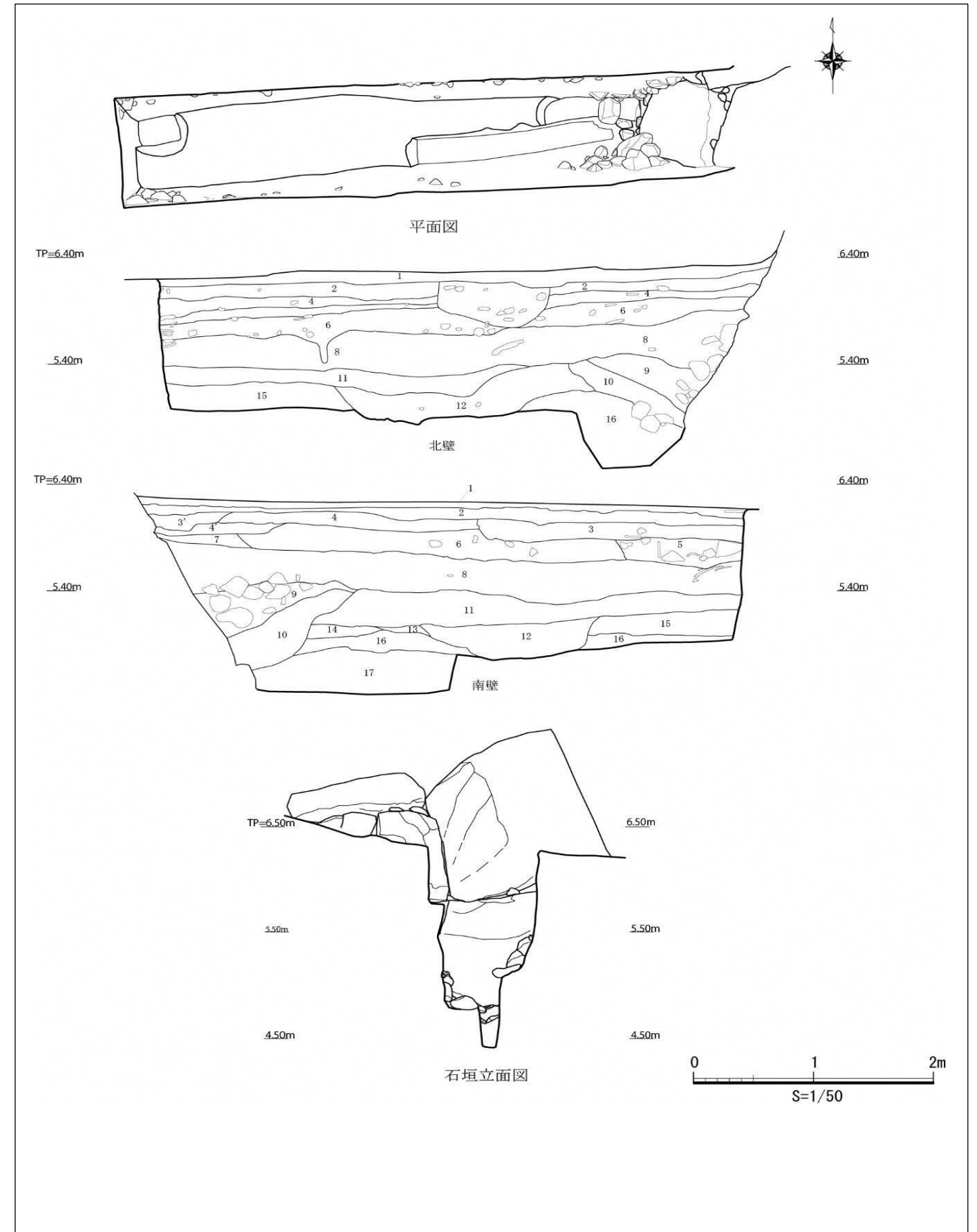


図10 I地点 土層図

[I地点 土層図]

1層	表土層(芝生養生土)
2・3層	現代堆積土
4層	暗赤褐色土めだつ、戦災ガラ層
5層	攪乱層の一部
6層	近世から近代埋土
7・8層	近世埋土/瓦片めだつ(宝暦期か?)
9・10層	地業埋戻し土/砂質土
11層	築城時盛土層/砂質土
12層	築城時盛土層/掘り込み、砂質土
13・14層	築城時盛土層/砂質土
15層	築城時盛土層/ブロック混土
16・17層	地山/砂質土

☆J地点

調査概要 J地点は大天守台南面(U59)の西側隅角部に設定し、根石の安定性、積み直し履歴の確認、戦前堀底層の有無確認を目的に調査を行った。

調査結果 U59石垣西側隅の角石の下端レベルまで掘削を行い、「加藤肥後守内 中川太良平」の刻印のある角石を確認した。地表から角石下端まで戦後の攪乱が著しく、もともとの堀の埋土はほとんど残存が確認できなかった。「中川太良平」刻印石の下部は、間詰石も良好に残っており、安定しているように見える。

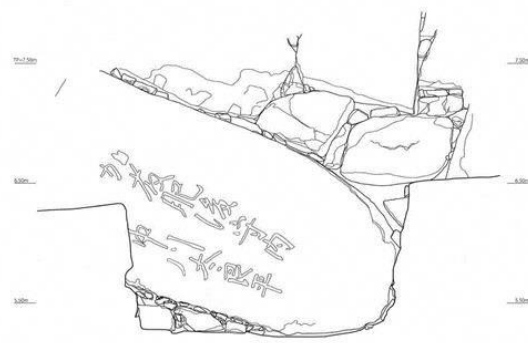


図11 J地点 刻印石図



写真J-1 発掘調査時の刻印石

B 小天守台周辺

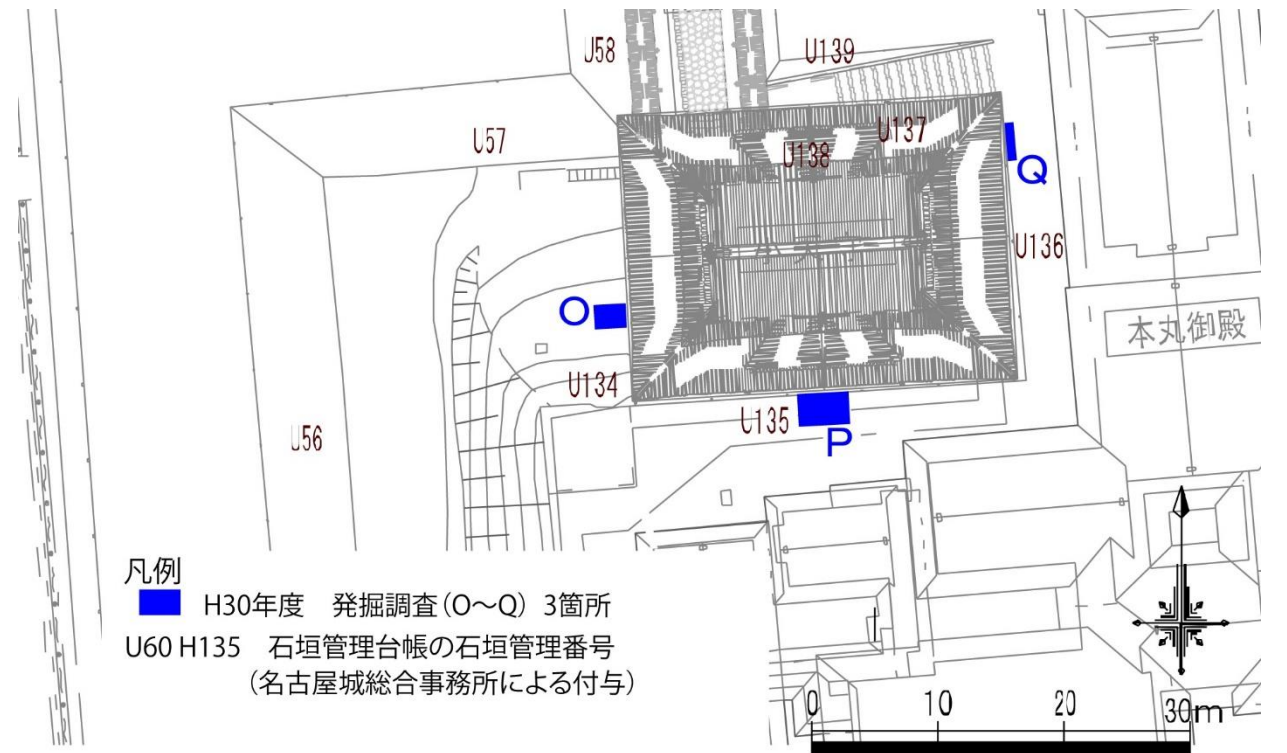


図12 小天守台周辺 調査区位置図

平成30年度には、小天守台石垣周辺の発掘調査をおこなった。調査は小天守台石垣の西面にO区、南面にP区、東面にQ区として3か所の調査区を設定し、小天守台石垣の築城以来の変状、特に土中部分の石垣の変状を確認することを目的におこなった。また小天守台石垣西面は現状北から南へ傾斜する斜面地になっているため、江戸時代の旧状や斜面の堆積状況を確認することも目的とした。

- すべての調査区において、土中部分での石垣の孕み出し、石材の割れなどは確認できなかった。
- 築城時の盛土をO区とP区で確認した。P区については築城時の地形根切と根石と思われる築石を確認した。
- P区では築城時の地形根切の上層で石垣前面まで掘り込まれた痕跡を確認した。しかし積み替えられたような痕跡はみられなかった。
- すべての調査区で小礫敷きが確認できた。O区とP区上層の小礫敷きは川原石を並べていて、P区下層とQ区の小礫敷きは石材断片が散布されているような状況であった。性格、時期については不明である。
- 層位に伴う遺物がほとんど出土しなかったため、各層位、遺構の時期は分からないものが多い。
- 戦災に伴うと考えられる焼土や焼けた瓦はみられなかった。

☆O区

表土(1層)や近現代の埋土層(2~4層)の下に瓦を大量に含む堆積層があり、大きく二段階に分けられる。上層(5~8層)は北から南へ傾斜して堆積し、下層(9~14層)は水平に堆積する。下層の堆積に含まれる瓦の方が上層のものよりもやや古相である。瓦を含む堆積の下に、10cmほどの円礫は含むものの瓦を全く含まない築城時の盛土(15層)が存在する。

調査区北西隅と南西で石材が検出された(O区西壁セクション図内)。南西の石材には雁金と小槌の刻印と矢穴が確認された。同じ刻印をもつ築石は小天守台石垣西面(U58)の上部でも確認できる。

調査区北西隅にサブトレンチを設けて掘り下げた結果、瓦を含む堆積は標高約14.7mまで確認できた。これより下の無遺物層は築城時の盛土と考えられる。築石石材と考えられる石材は築城時の盛土の上に位置し、石材を被覆する形で水平面を形成する堆積(9~14層)が確認できた。小天守台石垣については大天守と異なり積み替えの記録がないため、石材が混入した時期や理由については不明である。

小礫敷きは調査区全体で確認されたわけではなく、石垣前面と調査区北半のみで確認できた。肥前名護屋城では石段の踏み面に玉砂利が用いられた例が報告されているが、今回検出された小礫敷きについては現時点では性格不明である。

天守台石垣の保存方針



写真0-1 0区完掘全景（南から）



写真0-2 小礫敷き検出状況（北から）



写真0-3 石材刻印

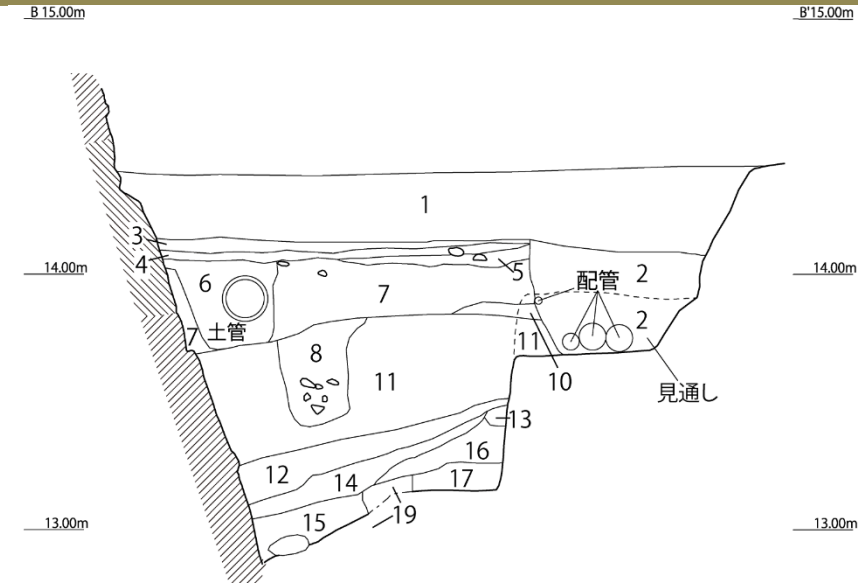


図14 P区東壁セクション

層序	主体土	(色調)	内容	硬度	粘性	その他
1	明黄褐色土	(10YR6/6)	3cm弱の碎石層	19~21mm	なし	御殿復元工事の造成
2	黒褐色土	(10YR2/2)	3cmほどの碎石を含む 黄褐色の山砂が敷いてある	19~22mm	なし	配管埋設土
3	黒褐色土	(10YR2/3)	1~3cmの碎石を含み、シルト質	20~28mm	あり	御殿復元以前の表土
4	暗褐色土	(10YR3/3)	1cmの碎石を含む 褐色シルトブロックを含む	21~26mm	あり	
5	暗褐色土	(10YR3/3)	3cmほどの円礫をわずかに含む おおむね均質	23~24mm	あり	
6	暗褐色土	(10YR3/4)	5cmほどの円礫が土管の下に敷いてある 古い土管の破片を含む	18~22mm	あり	土管埋設土
7	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	2cmほどの浅黄褐色シルトブロック、1.5cmの黒色シルトブロック、0.5cmの明黄褐色シルト粒を少量含む	25~31mm	あり	上面に小礫敷き
8	暗褐色土	(10YR3/4)	3cmほどの円礫を含む 1cmほどの褐色シルトブロックと0.2cmほどの黒色シルト粒を含む	28~29mm	あり	ビット状遺構
9	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	1cmほどの砂利を含む	13~20mm	なし	ビット状遺構
10	暗褐色土	(10YR3/4)	2cmほどの浅黄褐色シルトブロック、0.2cmほどの明黄褐色シルト粒を含む	25~31mm	あり	人為的な硬化面
11	にぶい黄褐色土	(10YR5/3)	5cmほどの円礫を含む 2cmのにぶい黄褐色シルトブロック、1cmの黄褐色砂ブロック、黒色シルトブロックを含む	21~27mm	なし	
12	褐色土	(10YR4/4)	1~15cmほどの花崗岩・砂岩片を含む 5cmほどの瓦片を含む 8cmほどのにぶい黄褐色シルトブロック、1cmほどの褐色シルトブロック、2cmほどの黒色シルトブロックを含む	19~23mm	あり	
13	黒褐色土	(10YR2/2)	均質で遺物等含まない	25~28mm	あり	人為的な硬化面
14	褐色土	(10YR4/6)	5cm弱の黒褐色シルトブロックと6cmほどの黄褐色シルトブロックが混じる	21~27mm	なし	根切埋土
15	暗褐色土	(10YR3/4)	にぶい黄褐色シルトブロックと黒褐色シルトブロックが混じる	22~24mm	なし	根切埋土
16	褐色土	(10YR4/4)	1cmほどの黄褐色シルトブロック、にぶい黄褐色シルトブロック、0.5cmほどの橙色シルトブロックを含む	22~28mm	なし	築城時の盛土
17	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	2cmほどの暗赤褐色砂質ブロックを含む 明黄褐色シルト粒、黒色シルトブロックが混じる	15~20mm	なし	築城時の盛土
18	にぶい黄褐色土	(10YR7/3)	遺物等含まない	20~30mm	あり	築城時の盛土
19	黒褐色土	(10YR2/2)	均質 山茶碗片を検出した	26~31mm	あり	中世以前の遺物包含層

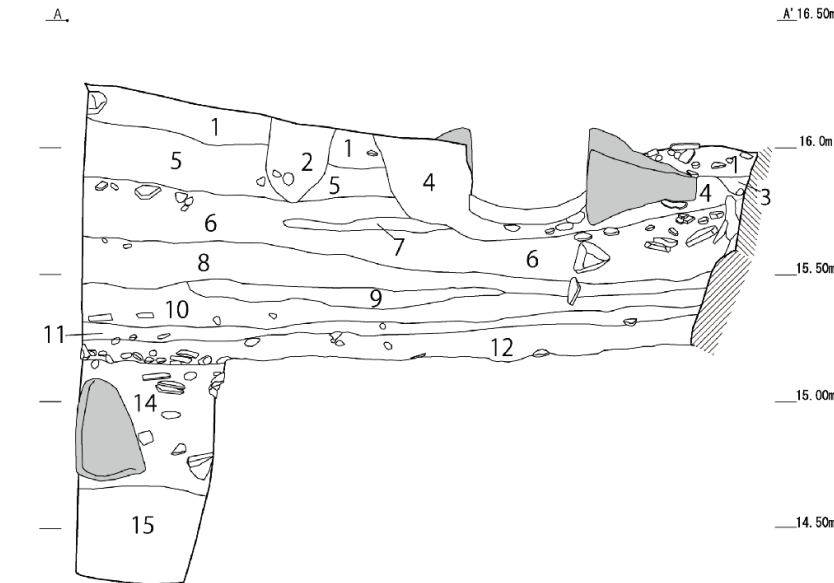


図13 0区北壁セクション

層序	主体土	(色調)	内容	硬度	粘性	その他
1	褐色土	(10YR4/4)	表土 明赤褐色の焼土の細粒を微量含む 1cm前後の小礫や2cmの瓦片を含む	18~24mm	なし	
2	にぶい黄褐色土	(10YR5/4)	3mm弱の明黄褐色砂粒を微量含む 7cmほどの円礫や2cmほどの瓦片を含む	16~25mm	なし	給水管の掘方
3	暗褐色土	(10YR3/3)	軟質で遺物を含まない	15~17mm	なし	パイプ掘方
4	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	直径5mmほどの10YR5/8黄褐色土ブロックや黒褐色砂ブロックを微量含む 2cmほどの瓦片を含む	17~22mm	なし	近代雨落溝の側土掘方
5	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	8mmほどの黒色シルトブロックや1cmほどの赤褐色シルトブロックを微量含む 8cmほどの瓦片を大量に含む	20~27mm	なし	
6	にぶい黄褐色土	(10YR4/3)	6.5cm大の円礫や6mmほどの砂利を少量含む 明黄褐色土ブロックを微量含む 8cmほどの瓦片を含む	21~28mm	なし	
7	灰黄褐色土	(10YR4/2)	遺物の混じりなし	21~28mm	なし	
8	暗褐色土	(10YR3/4)	8mmほどの明黄褐色砂粒、黄褐色砂粒、黒褐色砂粒、0.6~3cmほどの浅黄褐色砂ブロックを微量含む 10cmほどの瓦片を含む	23~28mm	なし	
9	にぶい黄褐色土	(10YR7/4)	暗褐色の粘質土粒を少量含む 2cmほどの瓦片を含む	20~28mm	あり	
10	暗褐色土	(10YR3/4)	1cmほどの明黄褐色砂粒、浅黄褐色砂粒、赤褐色砂粒、黒色砂粒を微量含む 幅23cmの瓦など、大型の瓦を含む	20~27mm	なし	
11	にぶい黄褐色土	(10YR5/3)	5mmほどの明黄褐色シルト粒や1cmほどのにぶい黄褐色シルト粒を微量含む 5cmほどの瓦片を含む	20~27mm	あり	
12	暗褐色土	(10YR3/4)	均質 上面に6~8cm大の円礫による小礫敷きが見られる	21~29mm	あり	
14	黒褐色土	(10YR2/3)	1cm前後の黄褐色シルトブロックを微量含む 15cm前後の瓦片を大量に含むほか、鯉瓦片や鬼瓦片をわずかに含む	20~24mm	あり	大型石材を2個体含む
15	黒褐色土	(10YR3/1)	1cmほどの灰白色シルトブロック、1.5cmほどの黄褐色シルトブロック、2cmほどの黒色シルトブロックを含む 6cmほどの円礫を少量含む 遺物を含まない	22~30mm	あり	築城時の盛土

☆P区

堆積状況として上層から、本丸御殿復元に伴う造成土(1層)や配管埋土(2層)、近代以降の造成土(3~5層)、土管の埋設土(6層)、近世以降の堆積土層(7層)、近世以降の土坑(8層・9層)、人為的と考えられる硬化面(10層)、近世以降の盛土(11~12層)、築城時と考えられる硬化面(13層)、根切の埋土(14~15層)、築城時の盛土(16~18層)、中世以前の遺物包含層(19層)が存在する。中世以前の遺物包含層は築城以前の表土であったと考えられる。

調査区東端に東西幅1mほどのサブトレンチを設けて掘り下げた結果、石垣の地下2石目の前面に20cmほどの円礫が3個据えられており、これを捨石、地下2石目の石を小天守台の根石であると判断した。

築城時にはまず盛土(18~17層)をし、盛土と築城以前の表土(19層)を切って根石を据えて捨石を置き、埋め戻し(14~15層)その上に硬化面(13層)を形成していることを確認した。その後、一度硬化面は石垣前面まで切られ、花崗岩・砂岩の断片や瓦片を含む土で造成される(12層)。その上に分厚い盛土(11層)を施した後に再び硬化面(10層)を形成している。

7層上面で確認した小礫敷きの標高は本丸御殿の基盤面と報告されている高さとはほぼ同じである。



写真P-1 P区完掘全景(南から)



写真P-2 P区サブトレンチ完掘状況(南から)

☆Q区

本丸御殿復元に伴う造成土(南壁・北壁1~2層)、既設管理土(南壁4層、北壁3層)、御殿復元以前の表土(南壁5層、北壁4~5層)、近世以降の堆積土(南壁・北壁6~8層)に分けられる。調査区内の南半において石垣前面で瓦溜り(北壁7層)が検出された。地面に対して縦向きに瓦が密集して出土している。

調査区北半からは瓦溜りが検出されず、サブトレンチとして掘り下げた結果、最大5cmほどの小礫片を大量に含む層(南壁8層)が検出された。小礫は花崗岩や砂岩の断片が主であり、一部同サイズの瓦片を含む。

8層の上面は標高値が13.8mほどである。本丸御殿の基盤面とおおよそ揃うため、江戸時代には地表面であった時期があると考えられる。



写真Q-1 Q区完掘全景(東南から)

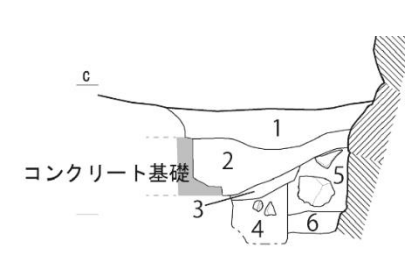


図15 Q区南壁セクション

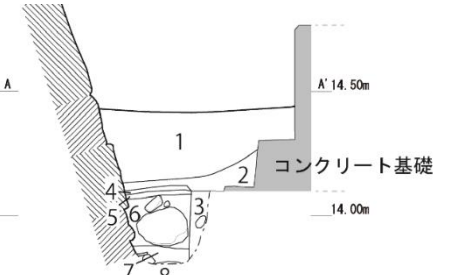


図16 Q区北壁セクション

層序	主体土	(色調)	内容	硬度	粘性	その他
1	褐色土	(10YR4/4)	0.5cmの碎石層		なし	御殿復元工事の造成
2	黒色度	(10YR1.7/1)	0.5cmほどの碎石と2cm弱の碎石を含む		なし	
3	暗褐色土	(10YR3/3)	3cm弱の円礫や10cmほどの礫、5cmほどの瓦片を含む		あり	
4	黒褐色土	(10YR3/2)	12cmほどの角礫を含む 径10cmの軒椀丸瓦当を含む 1cmほどのにぶい黄褐色シルトブロック、1.5cmほどの明黄褐色シルトブロック、2cmほどの黒色シルトブロックを含む		あり	既設管理土 北3層と同一
5	褐色土	(10YR4/4)	15cmほどの角礫を含む 4cmほどの灰白色シルトブロックを含む		あり	
6	褐色土	(10YR4/4)	上面に7cmほどの小礫列あり 瓦片を含む		あり	
3	黒褐色土	(10YR3/2)	6cmほどの円礫、8cmほどの瓦片を含む 0.2cmの灰黄褐色シルト粒と0.5cmの黒褐色シルト粒を含む	21~23mm	あり	既設管理土 南4層と同一
4	褐色土	(10YR4/4)	8cmほどの礫を含む 1cm弱の赤褐色シルトブロックを微量含む	15~20mm	あり	
5	黒褐色土	(10YR3/1)	1cm弱の碎石を含む	20~22mm	あり	
6	褐色土	(10YR4/4)	20cmの礫、7cmほどの円礫、4cmほどの瓦片を含む 4cmほどの灰白色砂ブロックを含む	19~22mm	あり	
7	暗褐色土	(10YR3/4)	炭化物の細粒を含む 漆喰か白モルタルと思われる灰白色の塊が検出された	23~27mm	なし	南壁8層と同一か
8	暗褐色土	(10YR3/3)	5cmほどの花崗岩や砂岩の断片、瓦片を含む 4cmほどの黄褐色シルトブロックや褐色砂粒を含む	19~24mm	なし	

天守台石垣の保存方針

2-4 地盤調査

① 地盤調査の目的

- 天守台を構成する石垣の健全性や現状把握のため、天守台及び周辺地層の把握を目的として、地盤調査（ボーリング調査）を実施する。
- 天守台北側の御深井丸は洪積地盤である熱田台地の境界付近であり、本丸周囲の地盤と異なり軟弱な地盤である沖積地盤の可能性があることから、天守台周囲の地盤の想定断面を検討する。

② 地層構成と地下水位

- 土層(地層区分)想定断面図を図18に、地層構成表を表4に示す。上位より、盛土、砂・礫質土を主体とする熱田層上部、粘性土を主体とする熱田層下部を確認した。

御深井丸～天守～本丸に至る地盤構成は、南北、東西方向ともほぼ水平な地層状況がみられ、今回実施した内堀ボーリング部での標高はT.P.+6.06m～P.P.+6.28mで、熱田層上部砂層は、攪乱のあるNo.2を除き、T.P.+4.3m～+5.3m程度でほぼ一様に確認された。また、天守台周辺(北、西面)内堀での石垣の試掘調査で地山を確認した調査区では、この砂層を地山として石垣が構築されていることが確認された。

- (地下水位)無水掘り水位は、T.P.+3.2m～+3.7m程度に確認しており、内堀内は、降雨時たまり水を形成する。この水位は調査地北側の外堀の水位程度を示し、調査地における自然水位は、T.P.+3m～+4m付近と考えられる。(ただし、これら地下水位は一般的に、季節や気象条件によって若干変動することが考えられ、内堀内については、降雨時に溜まり水を形成するため注意が必要である。)

No.6地点は、大天守台東側にあたる。大天守台東側で行った発掘調査では、地山まで確認することができなかったが、ボーリングの結果からは、地山は標高12m前後の位置にあることがわかる。

No.2地点は、大天守台北面下の内堀内にあたるが、同じ堀内の他地点と比較して、地山が検出される高さが2m程度低い。これについては、戦後に廃材などを廃棄したためであると考えられている。その範囲などは今後確認を行い、地盤に対する影響を判断する必要がある。

天守台の内部におけるボーリング調査は今後行う計画であるが、天守台内部においても、地山と盛土の境界は、12mほどのところにあるのではないかと推測される。

地質年代	地層区分	記号	主な土質	特徴	N値(平均)
第四紀 更新世	盛土	B	礫混じりシルト質細砂 礫混じり砂質シルト 玉石混じり砂礫	φ20～50mm程度の礫を含む砂・粘性土。内堀内にて所々瓦片混入。No.2地点は砂礫主体でφ200mmの玉石、コンクリートガラ多量混入。(ガラ部分のN値貫入不能)	4～15 (7)
		熱田層上部	第一砂質土 D3U-s1	礫混じり中砂、中砂、細砂	φ2～10mm程度の小礫を含む細砂や中砂主体で全体に中砂を含む。T.P.+10m付近粘土D3U-cを薄く挟む。標高+4m付近より含水が高くなる傾向にある。N値は5～10程度が卓越する。
	第一粘性土 D3U-c1	砂混じり粘土、砂質シルト	細砂を混入する粘土主体。層厚1m未満と薄いものの水平方向の連続性あり。N値は5～8とばらつきが少ない。	5～8 (7)	
	第二砂質土 D3U-s2	凝灰質細砂、シルト質細砂 浮石混じり細砂	全体に凝灰質を呈する細砂主体。砂の粒径は細かく均一。所々凝灰質シルトを呈す。所々φ2～5mm程度の浮石を含む。N値は6～57を示す。凝灰質のためN値のばらつきが大きい。	6～57 (27)	
	礫質土 D3U-g	砂礫、礫混じり粗砂	砂礫主体。一部礫が少なく礫混じり状を呈す。礫径はφ30～50mm以下、φ5～10mm程度主体。チャート礫混入。N値は30～50の範囲でばらつき傾向あり。	21～60以上 (40)	
	第二粘性土 D3U-c2	砂混じりシルト、粘土 砂混じり粘土	細砂を混入するシルト、粘土主体。一部凝灰質の様相を呈す。No.2,4,6地点でサンプリング実施し一軸圧縮試験、圧密試験を実施。N値は11,13を示す。	11,13 (12)	
	砂・粘性土 D3U-sc	シルト混じり細砂 シルト質細砂 砂混じりシルト	砂質土と粘性土の互層。細砂やシルトを主体とし、一部粗砂、礫混じり状となる。N値は主に砂質土で計測し6～11を示す。	6～11 (9)	
	砂・礫質土 D3U-sg	砂礫、礫混じり中砂 シルト混じり細砂	φ2～30mm程度の礫を含む細砂、中砂を主体とする。上部礫の混入が多く、砂礫状を呈す。下部はシルトの混入が多い。N値は9～60以上を示し砂礫部分でN値が高い。	9～60以上 (39)	
	熱田層下部	粘性土 D3L-c	砂混じり粘土 砂質粘土	細砂を混入する粘土主体。層厚は3m以上を確認している。N値は10～19を示し全体に硬い。	10～19 (14)
	砂・礫質土 D3L-sg	礫混じりシルト質中砂 礫混じり中砂	No.4地点に層厚1m程度のみ確認。φ10～20mmの礫を混入する中砂を主体。現段階では熱田層下部として評価。N値は48,60を示しよく締まっている。	48,60以上 (54)	

表4 地層構成表

No.7地点は、No.6地点に近接しており、コア採取のみの調査のため、断面図への記載は割愛している。

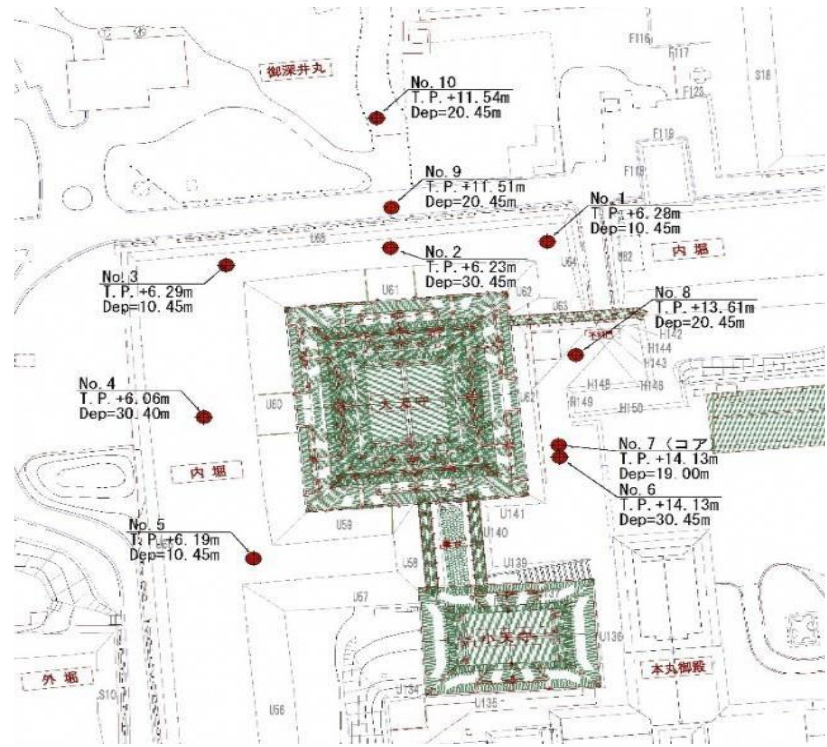


図17 ボーリング調査地点位置図

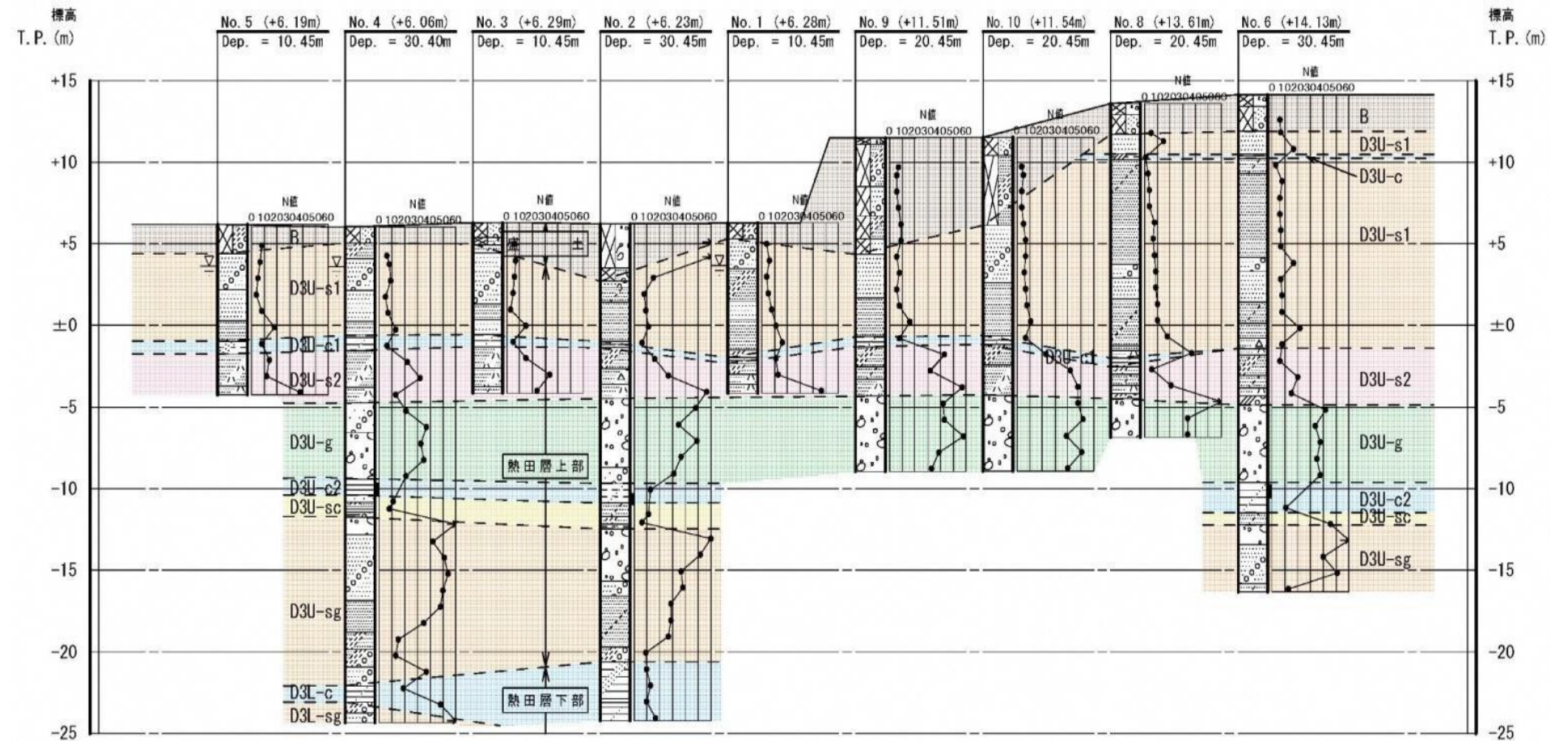


図18 土層(地層区分)想定断面図

注:本断面図は地層区分のため、地点間距離は実際とは異なります。地層図は推定であり、実際と一致しない可能性があります。

天守台石垣の保存方針

2－5 天守台石垣調査まとめ

天守台石垣等について行った各種の調査結果を整理する。

<石垣の積み替え範囲の確認>

・宝暦の大修理

これまで文献的な研究により示されていた宝暦期の積み替えの範囲を、現地調査によって追認することができた。

・現天守閣建設時の積み替えの確認

現地での確認、古写真との比較から、天守台各面の上位に昭和34年に竣工した現天守閣建設時に取り外され、積み替えられた目地を確認した。写真で判断されるものと、現地で観察されるモルタルなどの痕跡はわずかに異なっているが、それぞれ異なった根拠に基づいているため、今回は敢えて整合させることはせず、分けて図示している。

・慶長期の作業単位の確認

積み替えられた範囲を検討する際に、慶長期の石垣の中に、積み方などから目地を認めた。大天守台北面の東部などが典型的であるが、大天守台の、慶長期の石垣が残る範囲ではほぼ同じ高さに目地を認めることができる。天守台の形成方法を示している可能性がある。

・内堀外側の石垣の状況

内堀外側（御深井丸側）の石垣については、何度かの積み替えの痕跡が確認できる。積み方から見て近代以降と思われるところも多い。明治24年に木子清敬が残した図面と対比すると、濃尾地震の際に積み直した箇所があることも想定できる。

・穴蔵石垣の積み替え

昭和27年から行われた石垣の積み替え工事の際の図面から、根石まで改変された可能性が考えられる。現況調査の結果からも、穴蔵石垣の大半は昭和に積み替えられていることが確かめられた。現天守閣を支えるケーソンの上位にあたる部分は根石まで改変されていることは確実であるが、その範囲から外れる部分に関しては、戦後の石垣積み替えの状況をとどめている可能性があり、その部分の根石については近世以来変わっていない可能性も残している。

また、現在の築石の中に、被熱したものも見られるため、石材の再利用が行われたことがわかる。

<天守台石垣の勾配について>

- ・名古屋城の宝暦期の修復の際に残された記録には、天守台石垣の勾配を記録したものがある。「遣り方図」と総称されるその図面は、修復時の天守台石垣の勾配を写し取ったもので、それに基づいて、石垣を修復したものと見られている。
- ・今回の調査では、測量を行い、縦横の断面図を作成したため、文献の記録に残された勾配と現状の石垣の勾配を比較検討する機会となった。
- ・比較の結果、「遣り方図」に示されている石垣勾配と、測量によって得られる現在の石垣の勾配は、一致しない。
- ・天守台石垣の勾配を考える上で、こうした記録類との不整合をどのように解釈するか、課題として残っている。
- ・なお、最も変状が少ないと見られる地点の縦断図を、その面の基準となる勾配として、段彩図を作成した。

<石垣根石の確認>

- ・発掘調査および地盤調査の結果、天守台石垣は熱田層上部砂層を基盤層として築かれていることを確認した。
- ・発掘調査の結果によれば、天守台石垣の根石は基本的に、あるべき位置から動いておらず、変状は見られない。
- ・宝暦期の修理の痕跡を認めた地点でも、おおむね地下一石目以下は慶長期の石積みが残されていると思われた。
- ・内堀外側の石垣面(U66)において、根石の前を抑える盛土が確認できなかった地点がある。根石付近まで盛土が削平されている可能性がある。
- ・穴蔵石垣の根石については確認できておらず、今後の調査により確認する必要がある。

<内堀内の調査>

- ・北側の調査区では、攪乱を受けた表土層が厚く堆積しており、堀底面の安定状況を確認する必要がある。

<天守台石垣変状・劣化状況>

・調査成果から、天守台石垣の現状を特にその変状・劣化状況に着目して整理すると、石垣の現状は次のようにまとめられる。

- ・天守台外部石垣各面の上位は、昭和34年の現天守閣建設時に改変が加えられており、近世の姿が失われている。・・・①
- ・穴蔵石垣の現況で確認できる範囲は、ほぼ戦後の積み直しである。根石については現時点では観察できず確認できていない。・・・②
- ・大天守北面(U61)には強い孕み出しが認められる。この孕み出しは明治25年には指摘され、大正時代の図面でも確認できる。約100cm孕み出しており、孕み出し指数は10、不安定な状態と評価される。・・・③
- ・また、橋台西面(U58)でも孕み出しがみられ、それに連続して西に延びるU57でも孕み出しがみられる。原因や孕み出しの経緯については不明である・・・④
- ・大天守南面・西面(U59・60)、東面(U62)、橋台部東面(H140)、小天守東面(H136)には、中位以下に広範な被熱範囲が認められ、石材の表面が剥落したり、割れているなどの変状・劣化が認められる。・・・⑤
- ・隅角石に顕著であるが、石材に割れが生じている。大天守台北西隅角部ではいくつかの石に割れが観察できる。また、大天守台の南西隅角部天端石なども割れている。・・・⑥
- ・天守台石垣の上位から中位にかけて、築石間にモルタルやセメントを詰めたり、流し込んだりした痕跡が広範囲にみられる。・・・⑦
- ・その他、特に顕著な部分は指摘できないが、各所で間詰石の欠落が認められる。・・・⑧
- ・大天守北側の内堀内では、戦後に廃材などを埋めたこと等により、堀底が攪乱されている可能性がある。・・・⑨
- ・天守台石垣とは内堀を挟んだ対岸側（御深井丸側）の石垣は、濃尾震災の際などに積み替えられており、旧状をとどめていない。また間詰石の抜け落ち等が見られる。・・・⑩

3 天守台石垣の変状・劣化状況の分析

現況調査の結果に基づき、天守台石垣における変状・劣化状況の具体的な状況の把握に努めた。特に顕著なものについて、今後の対応策を考えるために、更に検討を加える。

3-1 天守台石垣におけるモルタルの状況について

各面において、現天守閣建設の際などに、築石間にモルタルが施されていることが確認された。観察されるモルタルの状況から、モルタルが施された状況を検討する。

モルタルは練積状に築石と築石の間を埋める形で検出されるもの（練状）と、石垣表面から注入されたもの（注入状）に大別した。練状のモルタルは上部に集中して検出されている。検出深度は比較的深い。

注入状モルタルは天端部から裾部まで全体的に認められる。検出深度は浅く、石垣表面付近に施される場合が多い。練状と呼んでいる痕跡は、築石を積み際に施された可能性が高く、一方注入状は外部から流し込まれた可能性が高い。

そうした前提で各面での確認状況を検討すると、練状は中段の上位以上に多く、現天守閣再建時に取り外され、積み替えられた際に施された範囲と近い。一方、注入状は上部から下部まで満遍なくみられる。全体にわたって外部から注入されたことを反映していると見られる。

石垣の保存の上で重要な、これらのモルタルの量について正確に把握することは難しいが、モルタルが確認された地点でも、ビデオスコープはさらに奥まで挿入することができた。こうした観察結果からも明らかなように、モルタルが築石間が密に充填されている状態ではない。

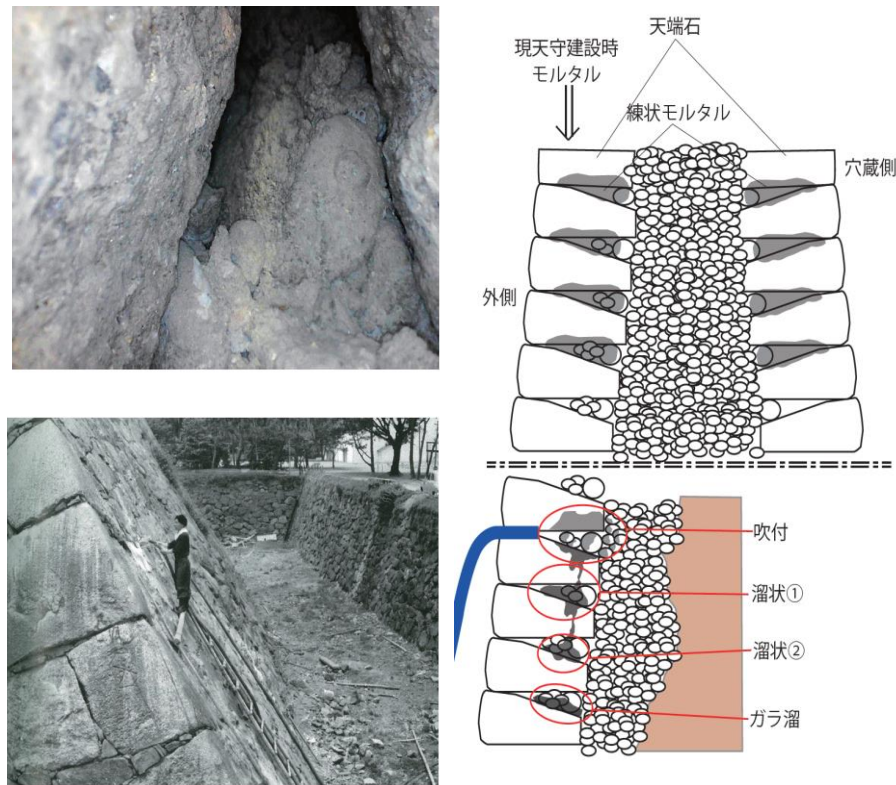


図19 モルタル分類基準

練状

築石間の固定・補強を目的に、積み直し時に築石と築石の間に詰めたモルタル。塊として詰められている。天端部から中段上部までに認められ、穴蔵石垣にも確認されている。

注入状

SRC天守閣復元時に石垣の補強・補修としてモルタルが注入された。流体のモルタルをホースにて石垣目地より内部へ注入している。乾燥後の形態により4つに細分した。

- ・注入状_吹付：吹付状に付着したものもしくはそれが溜まったもの。
- ・注入状_溜①：注入が最初に溜まったもの。骨材（小石、砂等）多め。
- ・注入状_溜②：溜①がさらに流れ溜まったもの骨材少なめ。

ガラ溜り

モルタル片が溜まったもの。

名古屋城天守台石垣調査 大天守台西面 (U060)

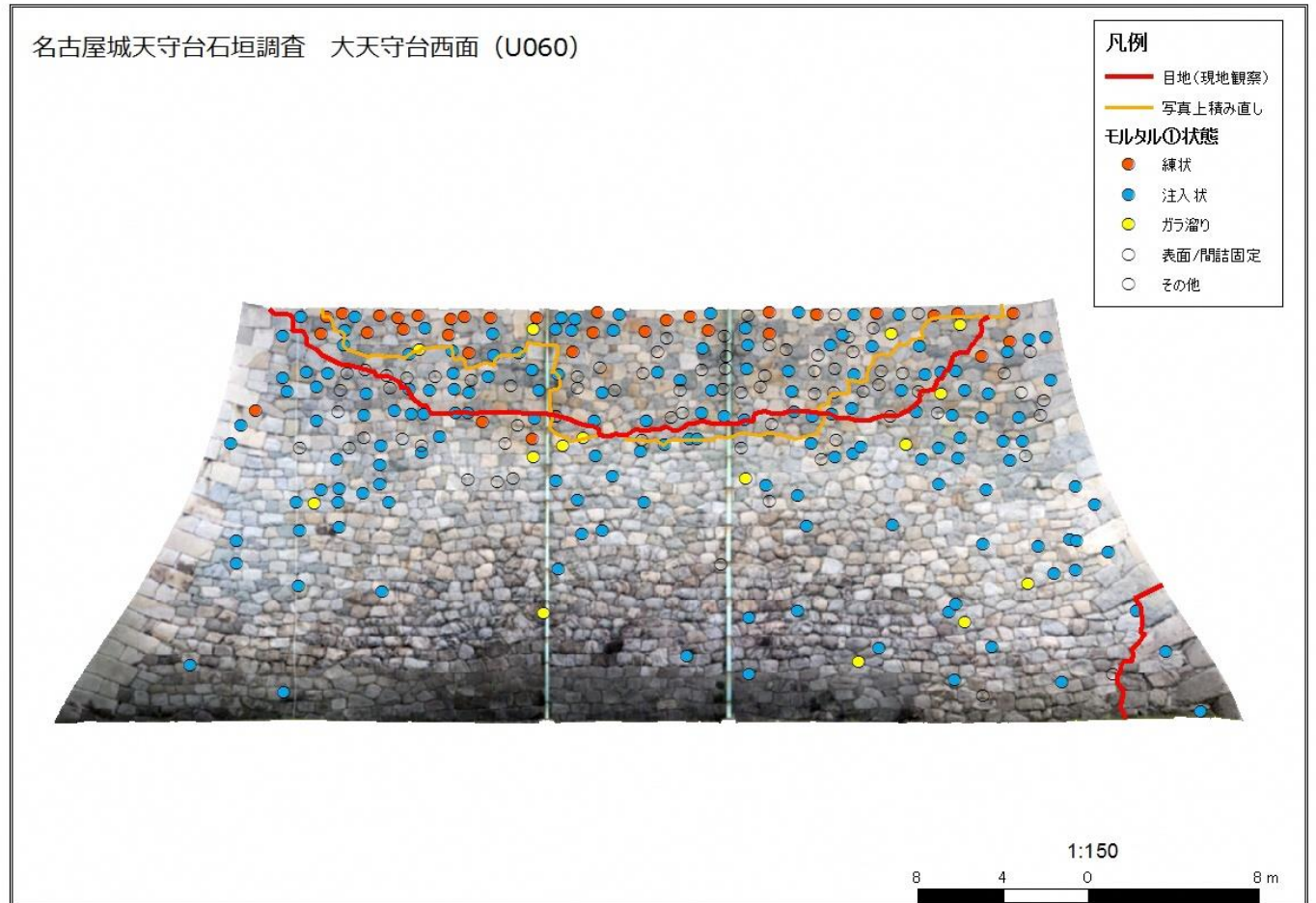


図20 U60モルタル検出状況

名古屋城天守台石垣調査 U61



図21 U61モルタル検出状況

3-2 大天守台北面の孕み出しの分析

孕み出し現況

孕み出し範囲は、大天守台石垣（U61）の東下端より西方向へ18m程度、高さTP11m程度を中心に幅12m程、高さ8m程にわたる（図22・23）。①

孕み出しは慶長期の石垣と宝暦期の修理した石垣の境界にまたがる。②

最も孕み出している部分は慶長期の石垣にある。③

孕み出しの高さ方向の天端はおおよそTP.13m程度であり、慶長期石垣の目地と重なる。④

最も孕んでいる孕み出し部分の下端は凡そTP.7m程度で、堀底地盤面までは達していない。⑤

孕み出し範囲の西側では、孕み出しの高さ方向の下端は現状堀底面に達しているが、発掘調査D区では石垣に変状は認められていない。⑥

孕み出し部東側は慶長期の石垣に相当し、孕み出しが顕著に認められるが、孕み出し部西側は宝暦期の石垣に相当し、孕み出しへ緩やかに繋がっている（すりつけられている）。⑦

レーダー探査状況では特に孕み出し部のみ栗石層の緩みが認められる状況ではない。⑧

縦横断面図の観察では、孕み出し部の上部で孕み出しに起因すると考えられる窪みは認められない。また、コンターマップで見ても、孕み出し部分の上位のコンターは水平で、窪んでいる様子は見受けられない⑨

孕み出しの経時的状況

慶長17年（1612）創建の名古屋城大天守は、寛延3年（1750）頃には、天守台石垣の孕みや大天守本体の傾斜が著しくなり、ついに宝暦2年（1752）から同5年まで4年間にわたる大修理が行われた。⑩

明治24年（1891）の濃尾地震の後、内匠寮技師の木子清敬が名古屋城内の被災状況を調査し、図面を作成しているが、大天守台北面には何も記されていない（地震により孕んだとは認識されなかったという可能性は残る）。翌25年に木子は再び調査を行い、天守台北側石垣の孕み出しを指摘している。⑪

濃尾地震後の大正15年に孕み出し状況が計測されている。⑫

昭和16年には名古屋城管理委員会において、市長から孕んだ時期を問われた本市土木局職員は、明治24年ごろと聞いている、と答えている。⑬

平成24年の調査の際の測量データ、と平成30年の計測データの間には、石垣の変動によると見られる変化は認められない。・・・⑭

昭和34年（現天守竣工）から現在まで、60年弱経過しているが、石垣と現天守外壁面とのひび割れ幅は最大14.6mm。建物と石垣の挙動が違うためと考えられるが、石垣の挙動は大きくない。⑮

現天守の堅樋は石垣面にモルタルで固定されており、目視の結果、モルタル等に変状は認められない。・・・⑯

考えられる孕み出し経緯

ア 宝暦の大修理に修正しきれなかった孕み出しが残存、現在に至る。

宝暦以前の孕み出しの中心は、現在よりも石垣中央部にあり、宝暦の大修理の際に補修された（根拠：②⑤⑥）。

現在の孕み出しは宝暦の修理の際に取りきれなかった孕み出しの残存部であり、宝暦期の石垣では孕み出し部に摺合せて補修してあるため、緩やかに繋がって見える（根拠：⑦）。

・孕み出し部が窪んでおらず、レーダー探査成果でも特異な栗石の空洞は認められない（根拠：⑧⑨）

明治24年に孕み出しが図に示されていないことは、濃尾地震で孕み出したとは認識されなかったと考えることになる。

イ 濃尾地震後に孕み出した。

明治24年に、木子清敬が作成した記録には、大天守台北面の孕み出しは記録されておらず、翌25年には孕み出しが注意されていることから、この間に孕み出した可能性がある（根拠：⑪⑬）。

しかし、これが経緯であるとする、観察される所見をうまく説明できない。

孕み出しの進行

平成24年の断面図と今回の断面図では顕著な違いは見られない。また、石垣に固定された堅樋の状況などから見ても、孕み出しが進行している状況ではないと判断される。

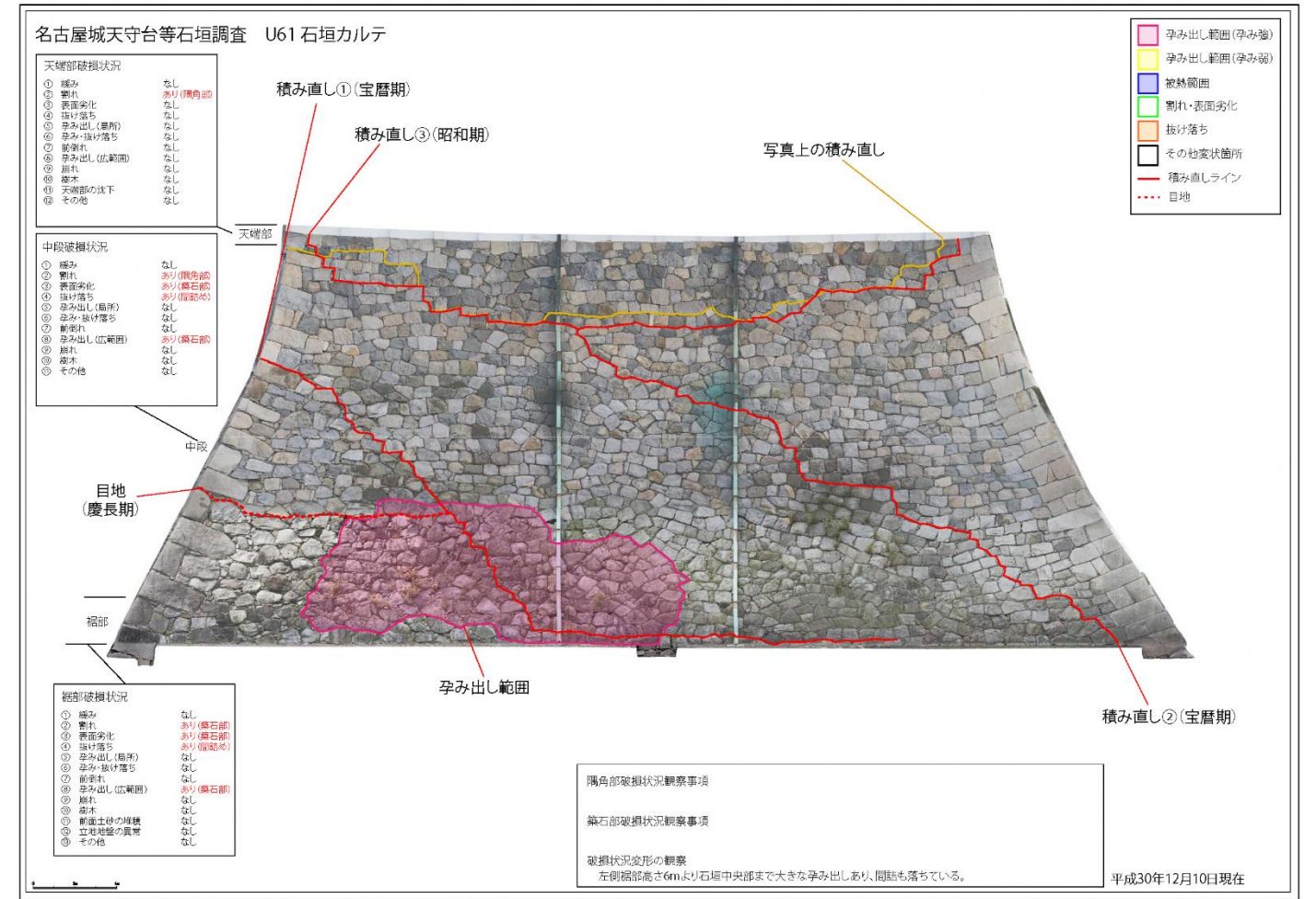


図22 U61石垣カルテ

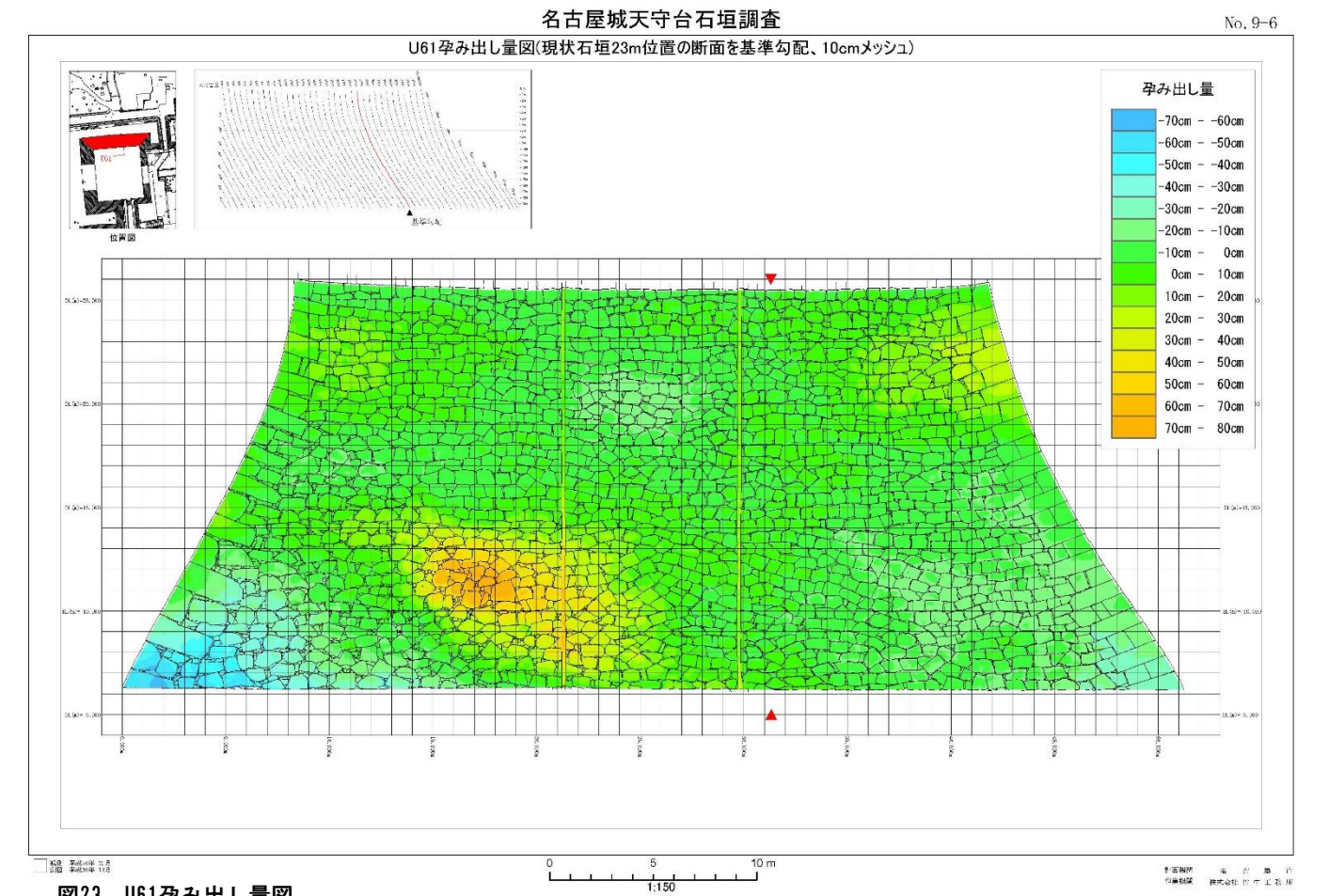


図23 U61孕み出し量図

名古屋城天守台等石垣調査 レーダー探査・ビデオスコープ結果（速報）

目的

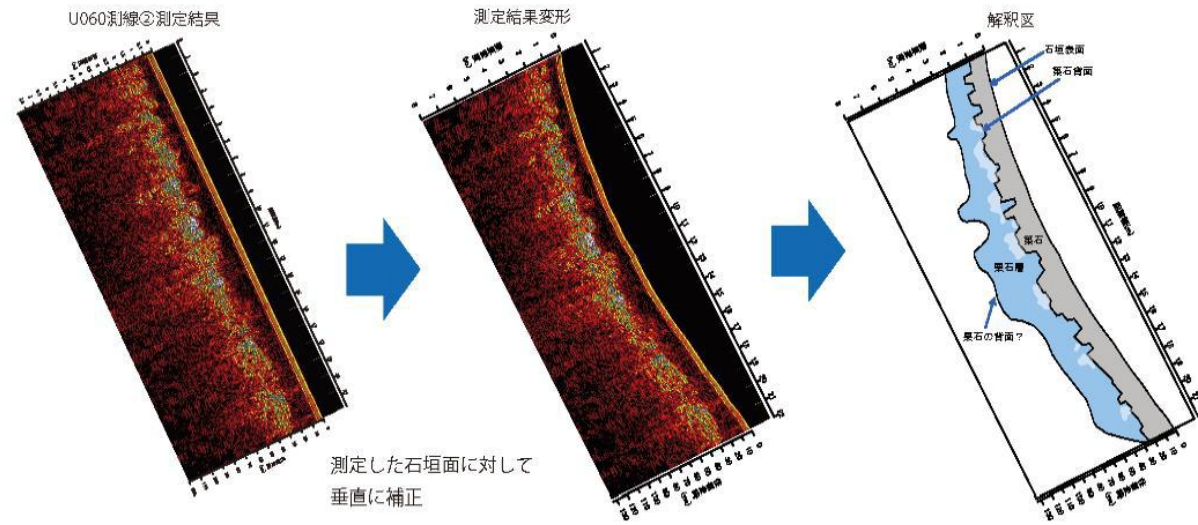
レーダー探査測線解析結果とビデオスコープ調査との対比を行う。
築石長、栗石層厚を推定し、背面盛土の崩落の有無等の確認を行う。

レーダー探査による築石長、栗石層厚の推定値

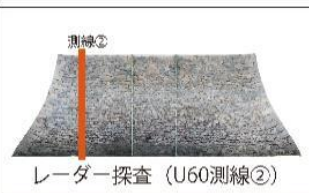
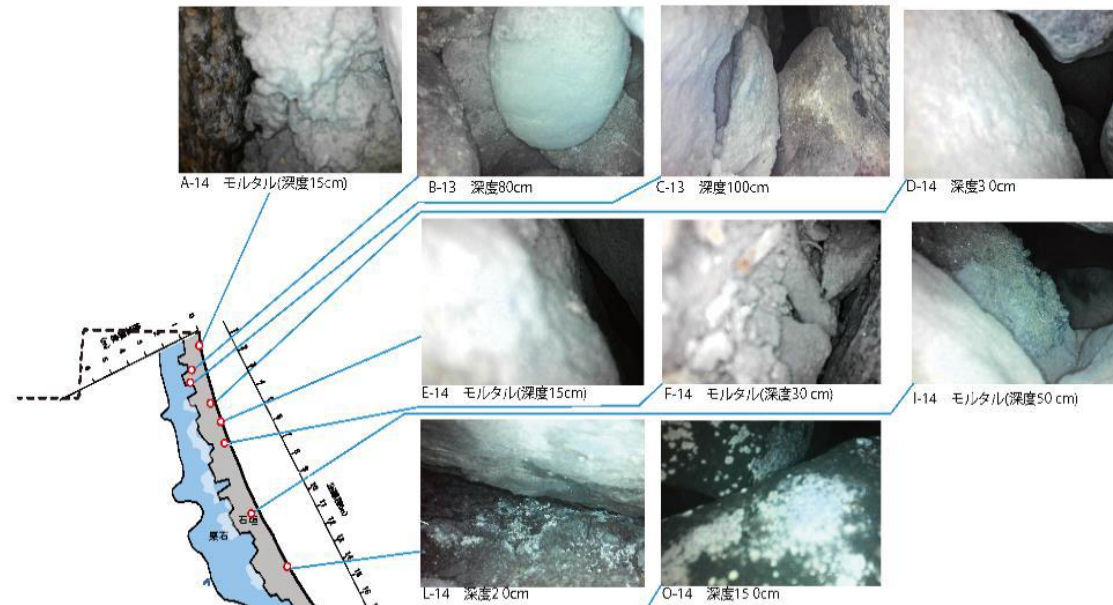
石垣番号	築石長（平均）			栗石層厚（平均）			栗石のゆるみ	背土の崩落の有無	備考
	天端部	中段部	裾部	天端部	中段部	裾部			
U060	34-187 cm	63-203 cm	65-191 cm	100-230 cm	150-380 cm	75-230 cm	あり	あり	
U061	50-229 cm	45-209 cm	79-183 cm	210-240 cm	150-290 cm	120-300 cm	あり	あり	

※角石長は築石長から除外した。

● 西面石垣（U60）測線②



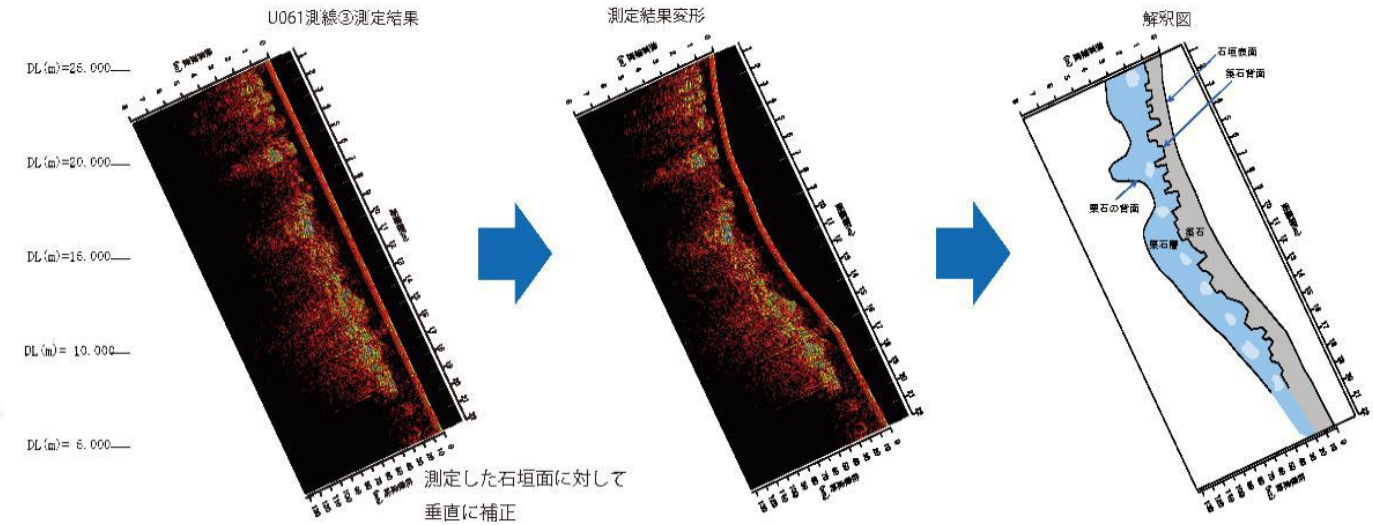
ビデオスコープによる状況写真（U060 測線②）



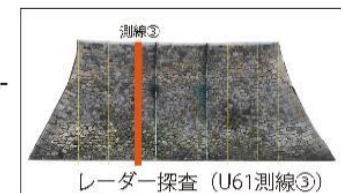
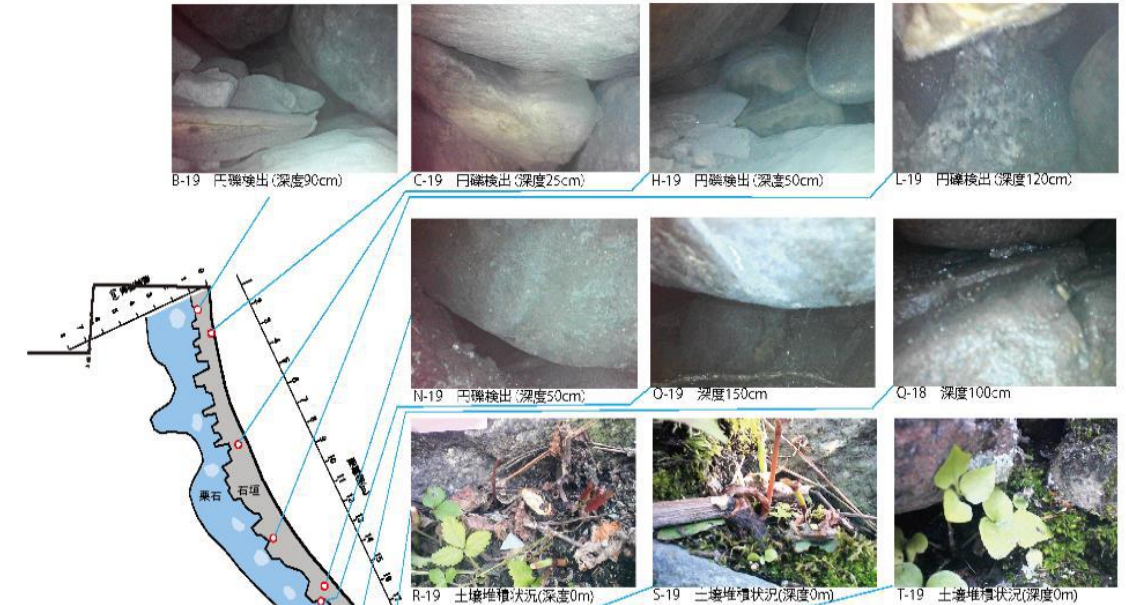
レーダー探査（U60測線②）

全ての測線で天端部から裾部にかけて、栗石層中に強い反応（白色部）を示す部分が点在していることが認められた。栗石層中の強い反応は栗石密度が粗い部分であると想定される。

● 北面石垣（U61）測線③（孕み出し部）



ビデオスコープによる状況写真（U061 測線③）



レーダー探査（U61測線③）

孕み出し部の測線③についても栗石層に強い反応を示す部分が認められるが、他の測線と比べ反応部分は少なく、栗石密度が粗い状況にはないと考えられる。

図24 U61レーダー探査・ビデオスコープ調査結果

名古屋城天守台石垣調査

No. 7-6

U61立面コンターマップ (測量基準軸からの端点値を10cm格子で抽出し、コンターマップ化したもの)

※ 石垣の左右上端を通る直線の鉛直面を基準面(0m)とし、基準面から石垣表面までの水平距離を1m間隔のコンターで表記

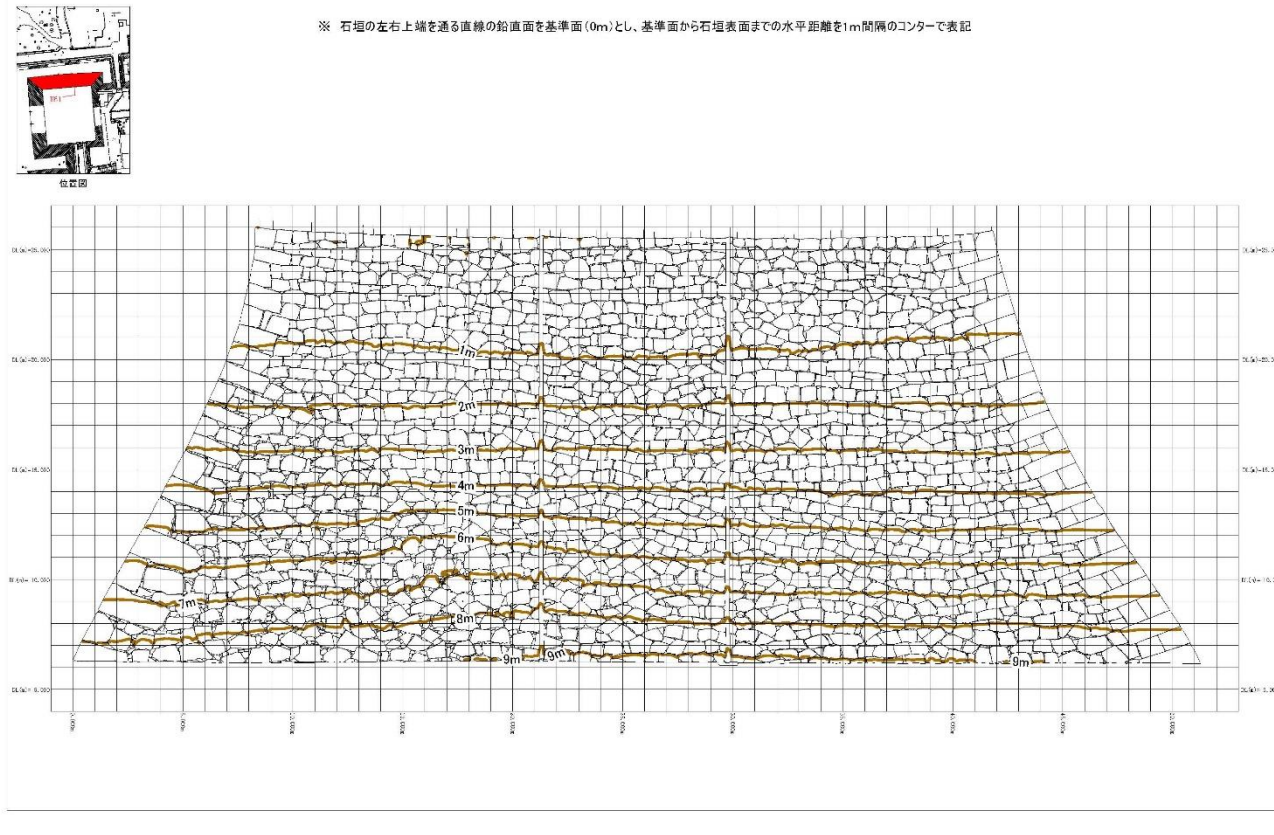


図25 U61コンターマップ

3-3 築石石材の劣化状況について

天守台石垣では、各面で被熱による劣化が認められる。大小天守台石垣のほぼすべての面で、被熱により劣化した石材が面的に広がる範囲が認められる。

大天守台西面U60では、中段中部から下部にかけて、被熱した石材が面的に広がっている。東面でも、本丸側の中段に広がっている。開口亀裂が認められ、劣化が著しい石材をカルテに示した(図26・27)。

その他、小天守台の東面及び南面でも被熱が顕著であり、同様に劣化した石材が見られる。

ただし、亀裂がどの程度進行しているのかは、表面からだけでは観察に限界がある。

名古屋城天守台石垣調査 大天守東面 (U062)

凡例
石材亀裂状況及び石材状態
● 開口亀裂

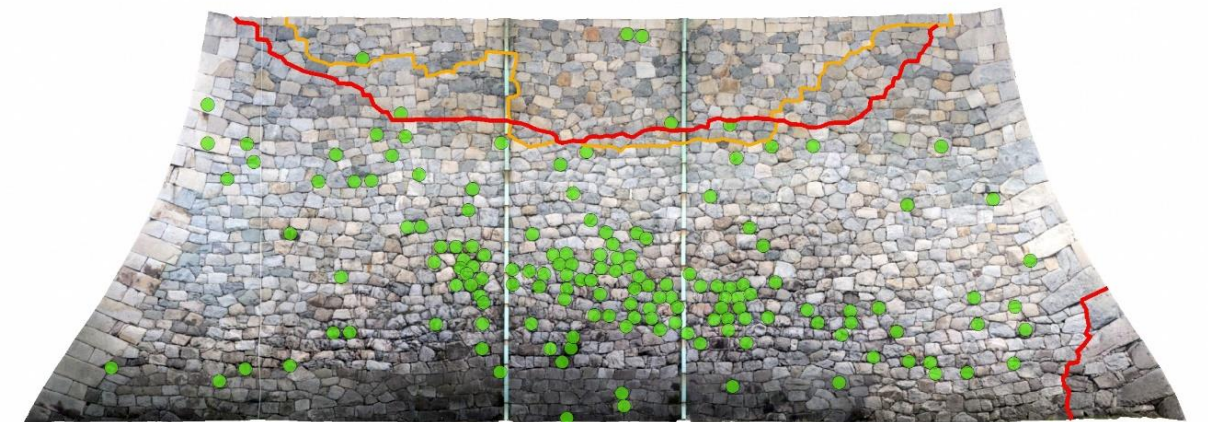


1:150
0 2.75 5.5 11 m

図26 U62石材劣化状況

名古屋城天守台石垣調査 大天守台西面 (U060)

凡例
石材亀裂状況及び石材状態
● 開口亀裂



1:150
8 4 0 8 m

図27 U60石材劣化状況

4 天守台石垣の保存方針

4-1 天守台石垣の保存方針

ここまで、天守台石垣の現況調査の成果をまとめ、石垣の現況を整理した。こうした成果に基づき、天守台石垣の保存については、次の3点についての考え方を整理することで、その方針とする。

- (1) 天守台石垣に対する日常的な観察、維持管理
- (2) 調査で把握した天守台等石垣の現状の問題点に対する対応
- (3) 天守台石垣保存のための調査研究の推進

(1) 天守台石垣に対する日常的な観察、維持管理

○天守台石垣について、目視により日常的な観察を行い、変化を記録する。

特に石材の劣化が進んでいる地点では、石材の剥落や間詰石の脱落などが把握できるよう、環境を整備し、定期的に確認を行う。

日常的な観察に基づき、石垣カルテを更新し、天守台石垣の状況の把握に努める。

○日常的な維持・管理を行う。

雑草、植物など、築石間に生える植物などの除去を行う。
内堀内の排水状況について日常的な管理を行う。

(2) 天守台石垣の現状の問題点に対する対応

1) 優先度の検討

ここまで示してきた、天守台石垣の調査成果に従って問題点として把握した事象に対する具体的な対処方法を検討する。

先に導いた10の問題点のうち、優先的に対応を行うものを抽出する。抽出するための判断基準は、石垣の変形度及び危険度である。

石垣の変形度（石垣の破損・劣化状態）と、崩落時に想定される被害の程度（利用上の危険）に基づき、修理・復旧の優先順位を検討する。

石垣の変状度を基準に考え、次のように分類する。

- 1：ズレ、抜け、孕みにより変形が大きく、石垣の崩落や崩壊が懸念される状態。
- 2：ズレ、抜け、孕みが見られ、将来的に石垣の崩落や崩壊が懸念される状態。
- 3：ズレ、抜け、孕みなどによる変形の程度が軽微なもの。
- 4：安定しているが、コンクリートなどが充填されたもの。あるいは石垣がすでに残っていない。

来場者にとっての危険の度合いを基準とすると次のようになる。

- A：石垣が観客動線上にあり、崩落や崩壊が生じた場合、甚大な被害を与えることが考えられる。
B：石垣が崩壊した場合にも、観客動線に影響を及ぼすことがない地点。

この組み合わせにより、先にみた劣化状況の中で、優先度を判断する。

これに従うと、優先度が高いのは、変状度が極めて大きい、③大天守台北面の強い孕み出しが挙げられる。また、範囲が広範囲に及び、一部は来場者の動線上にあたるため危険度も高い⑤の被熱による石材の劣化が挙げられる。

北面の孕み出しは、現在孕み出し指数10となっており、不安定と評価される。また、孕み出しの上端の石は細かく割れており、個々の築石を見ても状況は悪い。

被熱による石材の破損・劣化は、上述の変形度2に相当する。大天守台東面は、来場者の動線に接しており、上述の危険度でいえばAにあたるため、対処の優先度は高い。

一方、それ以外の点については、応急的な処置が必要なことを除けば、優先度としては相対的に低いといえることができる。

2) 変状・劣化状況に対する処置

a 基本方針

- ・現時点で把握している変状・劣化状況については、まだ原因が明らかでないものもある。適切な対処法をとるためにも、更に調査研究を行い、より正確な現況把握に努める。
- ・変状・劣化状況に応じ、応急的な処置から積み替えに至るまで、適切な対処法を検討する。

- ・文化財としての石垣の性格に鑑み、江戸時代の姿をとどめる石垣に関しては、その取扱いを慎重に検討する。
- ・対応の順序として、早急な対応が必要な優先度の高い変状・劣化状況と、中長期的な対応とするものに区分し、後者の中で、さらに優先度による区分を設け、計画的な対応を行う。

B 具体的対応

<優先度が高い地点への対応>

③大天守台北面に強い孕み出しがあることへの対応

変状は大きいですが、近年の計測によると、変動が確認できるような状況ではない。応急的な処置の必要性を検討したうえ、継続的にモニタリングを行い、進行の度合いを確認する必要がある。その間に、調査・分析を進め、孕み出しの原因を検討し、より本格的な修復などの処置を検討する。
⇒天守創建時の慶長期の石垣が残っているため、処置には慎重を期すべきであるが、モニタリングを継続的に行ったうえ、その結果を踏まえ、必要に応じ、積み替えも含めた処置を行う。

⑤被熱により石材が破損・劣化した部分は、天守台石垣の各面に見られ、範囲も広い。戦後の積み替えを受けておらず、近世からの姿をとどめている部分が多い。被熱した石には、表面の剥落や割れが観察されるが、熱による割れや剥落がどの程度まで及んでいるのか、更なる調査や検討が必要である。
⇒被熱による破損・劣化が見られる個別の築石には、必要に応じて応急的な処置を行う。その後、経過観察の結果を踏まえ、より本格的な修復の必要性を検討する。

天守台石垣の破損・劣化状況の中でも、検討の優先度が高い孕み出し、被熱による築石の損傷が認められる部分については、当面応急的な処置の必要性を検討するとともに、継続的なモニタリングを行う。モニタリングの結果に応じて、必要に応じて積み替えを行うことも含めて検討する。

<優先度が相対的に低い地点への対応>

上述した以外の地点で、変状の度合い、危険の度合いが相対的に低いと判断される地点についても、石垣保存のための対応は必要である。

各所で石材の割れ、間詰石の脱落などが観察されている。現時点で、それが特に顕著な地点は見いだせないが、それらに対する応急的な処置は検討する必要がある。必要な処置を検討し実施する一方で、日常的な観察を行う。

また、天守台石垣各面の上位部分のように、戦災以降の積み替えや現天守閣の再建工事により、改変を受けている地点が存在する。これらの地点については、特別史跡名古屋城跡保存活用計画に則り、往時の姿に復元することを視野に入れつつ、今後さらに調査・研究を進める。

穴蔵石垣についても、大半が戦後の改変を受けているとみられる。コンクリートで固められている地点も多く、近世の姿をとどめていない。穴蔵石垣は、本来入場者の動線上にあたり危険性の度合いは高いが、現時点では天守閣内部への入場禁止としているため、危険性は低い。

⇒更なる調査研究を進め、昭和の積み替えの範囲を確定する必要がある。その結果を踏まえ、近世の姿に復することを検討する。

- ・橋台西面の孕み出し④については、モニタリングを行い、石垣の変動を確認した上で、必要に応じて、積み替えなどの修復を行う。
- ・天守台各面における石材の破損・劣化⑤、隅角石の割れ⑥については、状況が深刻な地点に対して応急処置を行ったのち、経過観察を行い、必要に応じて本格的な修復を検討する。
- ・天守台石垣各地点にみられるモルタル・セメントが詰められた状態⑦に関しては、これまでの調査結果では、緊急の対応が必要な状態ではないと判断されるが、今後更に分析を進め、必要に応じ除去することも検討する。
- ・間詰石の欠落⑧に対しては、大天守台東面など、更なる脱落が安全面での問題となる地点を中心に、応急的な処置を行い、経過観察を行う。
- ・堀底状態については、現況の把握を行ったのち、工学的な検討を経て、必要な対応を行う。

なお、優先度が低いと判断される地点については、日常的な観察を行うとともに、維持管理を徹底し、石垣カルテの更新を行うという基礎的な作業を行うことが重要である。

破損・劣化状況に対する評価と、その具体的な処置を一覧（表5）に示す。

破損・劣化状況	変状 度	危険度	処置
①各面上位に、昭和の積み替えがある。	4	B	本来の形を回復するため積み直しを検討する。
②穴蔵石垣は昭和に大規模な積み替え。	4	(A)	根石、背面の状況を確認するための調査を行う。石垣全体が本来の姿をとどめていないため、本来の形を回復するため積み直しを検討する。現在は天守閣内入場禁止としているため、安全面の危険度は少ない。
③大天守台北面に強い孕み出し	1	B	モニタリングにより経過観察。必要に応じて積み替えなどの修復を行う。
④橋台西面の孕み出し	2	B	経過観察を行う。必要に応じて積み替えなど修復
⑤天守台各面の石材が被熱し、脆弱化している（大天守西面、東面、小天守東面、南面）	2	大天守東面、小天守東面はA、他はB	必要に応じ、応急的な処置を行う。日常的な観察を通じ、状況の観察を行いながら、処置の必要性について精査する。
⑥隅角石を中心に、石材の割れがある。	2	東面A、他はB	必要に応じて応急的な対処を行ったのち、必要に応じて、保存のための処置を行う。
⑦各所にモルタル・セメントを詰めた痕跡が残る	3	東面A、他はB	必要に応じて除去する。除去に際し、築石を傷めるおそれがある場合は現状を維持する。
⑧間詰石の欠落が見られる	2	東面A、他はB	必要に応じて、間詰石を補うなど、保存のための処置を行ったうえ、経過観察。
⑨大天守北側堀底が攪乱されている	3	B	今後の発掘調査により状況を確認し、工学的検討を行ったのち、必要に応じた処置を行う。
⑩御深井丸側の石垣で間詰の脱落などが見られる。	2	B	応急的な処置を行った後、経過観察。

表5 天守台石垣破損・劣化状況に対する対応

モニタリングについて

天守台石垣の維持管理及び石垣変位計測を行うため、天守台石垣に計測用反射対標やゲージ等を設置し、御深井丸および本丸エリアに設けたモニタリング観測点（木杭、金属錐）よりの計測および目視によるゲージ観察を行う。

定期的に行い、石垣の変動を確実に把握する。



写真 設置するゲージ

(3)天守台石垣保存のための調査研究の推進

天守台石垣を適切に保存していくには、これまでの調査研究によって得られた知見を、今後の継続的な調査研究によって不断に更新していく必要がある。今後の調査研究の方針について示す。

ア 名古屋城跡石垣全体の調査研究と保存方針の策定

天守台石垣の保存方針は、その上位方針である名古屋城跡の石垣全体の保存方針と不可分である。現在行っている名古屋城跡全体の石垣の現況調査を進め、保存方針を策定する。

イ 現況把握の調査とその分析

天守台石垣を適切に保存するためには、石垣の変状・劣化の原因などについて、検討を行う必要がある。今後、具体的な対処方法を検討する際にも、その原因の把握が必要であり、これまで行ってきた調査成果の分析を更に進めるとともに、必要があれば更に調査を行っていく。

日常的な観察を定期的に行い、カルテの更新を行う。

ウ 石垣保存技術についての調査研究

天守台石垣の保存のために、今後何らかの処置を行うことが必要になる。適切な処置方法を選択し、実施できるよう、保存技術についての調査研究を進める。

エ 歴史的資料の調査研究

天守台石垣の歴史的研究は今後とも継続して行う。特に、宝暦の修理の際に作成された記録類の分析は、名古屋城の天守台石垣の歴史を研究するうえで不可欠である。

「屋形図」の分析による石垣勾配の研究。

宝暦の修理関連の史料に残された石垣構築技術の検討

こうした調査研究を継続的に行い、その成果をもとに、不断に石垣の現状を分析し、天守台石垣の保存を行っていく。

石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

1. 天守台石垣調査の概要・・・ 1
2. 2018年度までに実施した調査・・・ 2
3. 2019年度以降実施予定の調査・・・ 4

石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

1 天守台石垣調査の概要

天守台石垣の調査について					
調査種別	調査の具体的な内容・手法	天守台外部石垣	穴蔵石垣	2019年度以降の調査計画	
石垣測量	(1)石垣立面図作成	実施済	2018年度実施	作成図面類の分析を行う。	
	(2)石垣縦横断面図作成	測量を行い、図面を作成する。 写真測量、3次元レーザー計測を行い、石垣オルソ図、立面図、縦横断面図を作成する。	実施済		2018年度実施
	(3)石垣平面図作成	実施済	2018年度実施		
	(4)石垣オルソ作成	実施済	2018年度実施		
	(5)石垣三次元点群データ作成	三次元レーザーキャナを用いて、石垣の三次元点群データを作成する。	2018年度実施		2018年度実施
	(6)可視化図作成	三次元点群データをもとに、段彩図を作成する。立面コンターマップとその段彩図、勾配基準軸からの変化量を10cm格子で抽出し、分布図化した孕み出し量図などを作成する。	2018年度実施		—
石垣現況調査	(1)石垣現況(健全性)調査	石垣の孕み出し領域、築石や間詰石の割れや抜け落ち、築石の劣化、積み直しの痕跡などについて、目視による調査を行う。	2018年度実施	2018年度実施	調査成果の分析を更に進めるとともに、各調査成果間の関係を分析する。石垣について、日常的な観察を行い、石垣カルテに反映する。
	(2)石垣カルテ作成	石垣の面ごとに、石垣の現況を記録したカルテを作成する。積み直しの痕跡、変状点につき、記録表を作成するとともに、オルソ画像に記載する。	2018年度実施	2018年度実施	
	(3)石材調査	石材一石ごとの岩石種、加工状況、刻印や墨書の有無、矢穴の有無などを確認する。 石材の観察については、岩石種、岩石に含まれる鉱物を確認する。 現地で石材チェック表を作成し、石材カードとしてデータベース化する。	2018年度実施	2018年度実施	
	(4)石材劣化度調査	石材一石ごとの劣化度について、目視及び打音により調査を行う。	2018年度実施	2018年度実施	
	(5)石垣レーザー探査	石垣背面の裏込め等の状況確認のため、レーザーによる探査を行う。	2018年度実施	2018年度実施	
	ビデオスコープ調査	築石背面の状況確認のため、レーザー探査に加え、ビデオスコープによる確認を行う。	2018年度実施	2018年度実施	
発掘調査	石垣の根石の変状の有無、根切の状況の確認、堀内の堆積状況などを確認するため、発掘調査を行う。 穴蔵石垣の背面構造を確認するため発掘調査を行う。	大天守台根石調査2017年度、小天守台根石調査2018年度実施。 小天守閣入口階段付近の調査。	根石・背面の試掘調査(トレンチ)を実施する計画。 天守閣解体後に、全面調査を予定。	○内堀内の発掘調査を行い、堀底の状況、内堀外側の石垣の状況を確認する。 ○穴蔵石垣の根石・背面の試掘調査(2019年度予定)。 解体後に穴蔵石垣の全面調査を計画する。 根石の確認をするため、小天守閣入口階段付近の発掘調査(2019年度)。	
モニタリング	反射対標、石垣ゲージを設置し、2か月に1度計測を行い、石垣の変動を確認する。	2018年度より実施		2019年度も継続的に実施する。	
史実調査	文献資料、写真史料の検討により、天守台石垣の修復の履歴などを検討する。	近世の文献資料、近代以降の写真・図面類の検討を行い、天守台石垣の修理の履歴調査。		継続的に実施する。 ・築城期の史料 ・宝暦の修理関係の史料	
地盤調査	ボーリング調査を実施し、天守台付近の地盤を調査	外部石垣の周辺で実施。		天守台内部での実施を予定	

2 2018年度までに実施した調査

○石垣測量

天守台内石垣の状況を記録するため、対象の石垣について写真測量を行い、石垣の立面図、平面図を作成する。

写真測量は石垣面を単位に、障害物（草木・地被類・土の付着等）の除去および清掃を行い、石垣の状況が明確に記録できるよう留意した。また、複数コースで情報の取得を行う場合には、コース間に空白が生じないように留意した。情報の取得はカラーとした。

立面図

作成したオルソ図を基に石垣立面図の作成を行った。立面図はデジタル形式で測定・描画された線形の3次元データとし、図化縮尺は1/50以上とした。描画に際しては各石の重なり状況に留意し、積石の輪郭線、稜線（主要な形状変化点）、間詰石、加工痕、亀裂・剥離状況、刻印および等高線等について描画した。座標系は世界測地系とした。

縦横断面図

立面図を作成した石垣について、石垣の縦断面図および横断面図（以下縦横断面図）を作成した。縦横断面図はともに1m間隔で断面線を作成し、図化縮尺は1/50以上とした外部石垣については後述する三次元レーザー点群から詳細な縦横断面図を作成し、穴蔵石垣については写真測量成果からの縦横断面図に加え三次元点群データからの縦横断面図も併せて作成した。座標系は世界測地系とした。

平面図

穴蔵石垣の平面図作成では、石垣立面図および石垣縦横断面図と整合性を持たせるよう測量結果の検証を行った。座標系は世界測地系を採用した。

石垣三次元点群データ作成

三次レーザーキャナーを用いて、石垣のレーザーキャナーを実施し、三次元点群データを作成した。また、計測した点群データに色データを付加させるために、レーザーキャナーでの計測位置と同位置から画像を取得し、点群データとの合成を行う。

可視化図作成

取得した三次元点群データを基に、対象石垣の可視化図を作成する。可視化図では測量基準軸からの単点値を10cm格子で抽出しコンターマップ化した立面コンターマップとその段彩図、勾配基準線からの変化量を10cm格子で抽出し分布図化した孕み出し量図、石垣面の傾斜角度を50cm格子で抽出し5°毎に分布図化した傾斜角度分布図及び傾斜角度の変化率を50cm格子で抽出し分布図化した歪み分布図を作成。

孕み出し量図で使用する勾配基準線（基準となる勾配）については、宝暦の大修理の際に記録された屋形図の勾配と、最も変状が少ないと見られる地点の縦断面を、その面の基準となる勾配として作図を行う。

○石垣現況調査

石垣カルテの作成

調査方法

現地調査では、変状点および積み直し痕跡等について、石垣オルソ画像に記載、記録を行った。また、その内容を調査票に記した。調査票、石垣変状箇所の記録をもとに石垣カルテにまとめた。

石材調査・石材劣化度調査

本調査では石材調査および石材劣化度調査を石材打音調査として実施した。現地調査は石材チェック表（右図参照）に石材の加工状況、岩種、造岩鉱物、矢穴・刻印の有無等の石材調査項目と、石材の亀裂・剥離、打音調査成果等の石材劣化調査項目を記入して行った。チェック表内容はデータベースに入力し、石材カード、矢穴カード、刻印カード、二次利用カード等を作成した。

石垣レーダー調査

非破壊調査手法の一つである地中レーダー探査を用いて名古屋城石垣を探査し、石垣の背面構造や石材の控え長等を把握することにより、今後の史跡の調査・研究および整備のための基礎資料を得ることを目的とする。

石垣連続測定

総測線長：961.1 m

探査装置：〔本体〕SIR-4000 / G. S. S. I社製
〔アンテナ〕350MHzアンテナ / G. S. S. I社製

石垣控え長測定

測定箇所数：1,739個

探査装置：〔本体〕SIR-3000 / G. S. S. I社製
〔アンテナ〕900MHzアンテナ / G. S. S. I社製

<地中レーダー探査の測定方法>

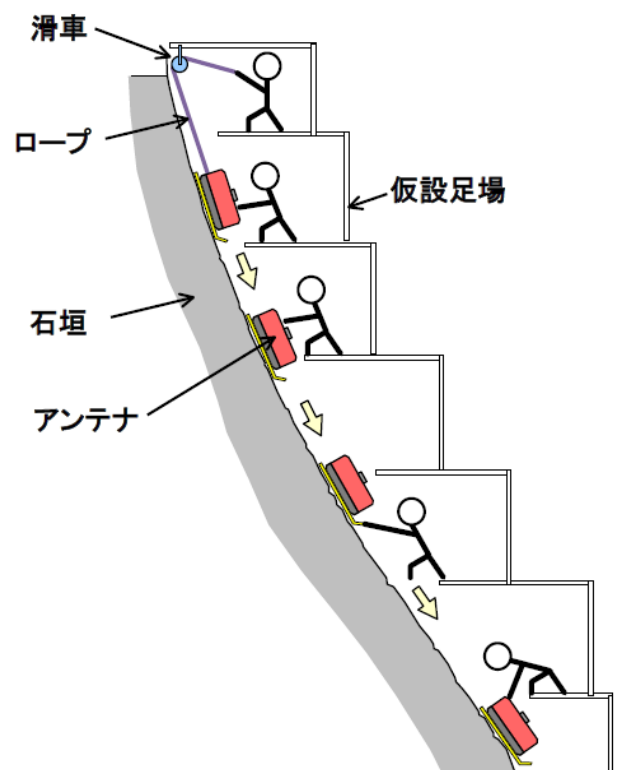
石垣連続測定

石垣の連続測定では、各石垣面に5m程度の間隔で測線を設定し、アンテナを石垣上端から下端に向けてゆっくりと移動させながら測定を行った。測定手順の概略を以下に示す。

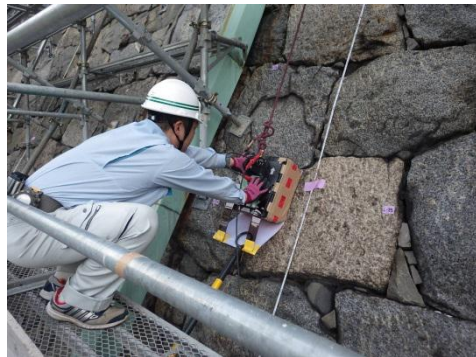
- ① 測線の設定：巻尺とチョークを使用し、測線位置および1m毎の距離程を石垣面に示す
- ② アンテナに落下防止用ロープを結び、石垣上端の測線始点に配置する
- ③ 測定の開始：ロープを滑車に通し、アンテナをゆっくりと降ろす
- ④ 仮設足場の各段に作業員を配置して、石垣の凹凸でアンテナが振動しないように支える
- ⑤ 測定の終了：アンテナが石垣下端まで移動したら、測定を終了する
- ⑥ データチェック・移動：測定データの品質を確認後、次の測線に移動する

石材チェック表

石材番号	460-1941	調査日	2018/5/17	調査者	田中
加工状況	自然石 彫刻加工 磨光加工 その他	配置位置	隅角(出隅 入隅) 天端 壁石 礎石 間詰め		
積み方	野面 毛置 布積崩し 乱積 落し積 築本積	石材分類	花崗岩類 堆積岩類 その他		
石材岩種	花崗岩 花崗閃緑岩 片麻状花崗閃緑岩 麻状花崗閃緑岩 片状花崗閃緑岩 砂岩 その他				
注目すべき造岩植物等	角閃石 黒雲母 白雲母 珪石 長石 石英 絹雲母 絹雲母(大小) ペック状泥岩(大小 微)				
石材外見	新鮮部の色調 褐色 黒灰 灰 褐色 赤褐色 青灰 青緑 その他特記事項				
表面付着	灰(塵) 褐色風化 その他	その他特記事項			
植物付着の大きさ	細粒 粗粒	亀裂	有	剥離	有
珪晶結核物質の有無	顕著 僅か 無	亀裂状況	電柱亀裂	密着亀裂	開口亀裂
表面加工	野面(粗削) 雨だれ 磨光(ドリル)	刻印	有	矢穴	有
打音判定	A B C X	特記事項	埋込部	埋込部	風所
刻印	長さ又は最大径(長さcm)	cm	簡単な石材スケッチ		
長さ又は最大径スケッチ					
矢穴	矢穴の位置	左右 (正逆)	下層	上層面	下層面
築石表面		矢穴幅は割れているので1/2参考値			
矢穴番号	矢穴幅	矢穴深	深さ	矢穴幅	深さ
1	4.5	2.5	4.5	0.5	5.0
2	4.5	-	(2.5%)	0.9	5.3
3	5.5	-	(2.5%)	1.0	6.5
4	5.0	-	(3.0%)	1.0	-
5	(4.5%)	(5.0%)	2.5	1.5	5.0
単位cm					
再利用の可否	コメント	その他の管理			
○		矢穴部、埋込部、200mm程度、矢穴部(7cm)			
写真チェック欄	全体写真	近接写真	特異箇所写真	矢穴写真	変状写真



石垣連続測定の様式図および測定状況



アンテナ移動状況



測定本部

○発掘調査

天守台石垣の根石の変状、内堀内の堆積状況、内堀外側(御深井丸側)石垣の根石の状況などを確認するため、発掘調査を実施する。

2017年度及び18年度に、大天守台及び小天守台周辺で、17か所の発掘調査を行った。

詳細については、「天守台石垣の保存方針」に整理した。

○モニタリング

天守台周り石垣の維持管理及び石垣変位計測を行うため、石垣に計測用反射対標やゲージ等を設置し、御深井丸および本丸エリアに設けたモニタリング観測点(木杭、金属釘)よりの計測および目視によるゲージ観察を行う。

主要機器及び計測点

分類	メーカー	製品名称	性能
デジタルカメラ	Nikon	D810	有効画素数 36.3 メガピクセル 撮影距離 5mで解像度 1.2mm/pixel
計測用TS	TOPCON	GPT3005W	±(2mm+2ppm×Distance)
反射対標			50 mm角 アルミ板
変位ゲージ			主尺 1mm、副尺:0.05mm

ビデオスコープ調査

ビデオスコープ調査は①レーダー探査成果の検証、②モルタル等の検出物、異常点の確認を目的に行う。

調査方法

調査は1 m²当たり1 か所の割合で実施し、深度50,100,150,200cm で撮影を行い、その他、モルタル、栗石等を確認した際にはその都度撮影を行い、撮影深度を記録する。撮影項目は下記の通りである。

撮影深度:50cm,100cm,150cm,200cm、最深部

検出物:土、根、草、金属、その他

モルタル:練積状/ 注入状

栗石:玉石/ 割石

最深部

ビデオスコープは軟性ケーブルのものを使用しており、細い隙間等にも入りやすい形状をしているが、有線であるため、挿入進路としては直線的となる。このため、スコープが挿入できるということは裏込材や裏栗層の密度が比較的粗である可能性が高い。

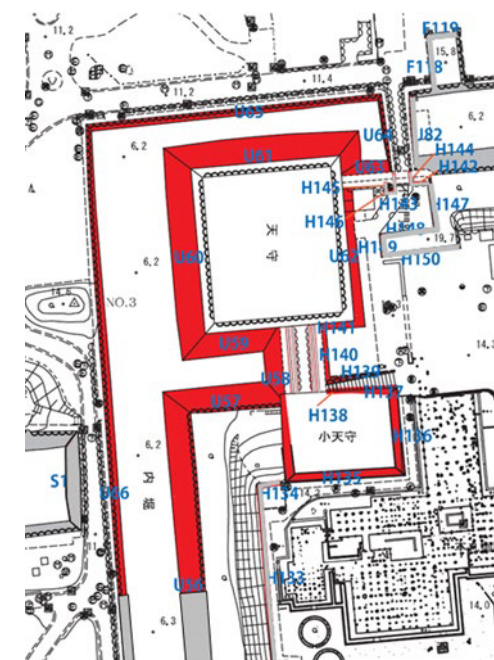
本調査ではビデオスコープの挿入最深部の記録を行い、挿入深度の違いを図面上に記すことで、石垣背面の状況を探ることとした。



反射対標例



変位ゲージ



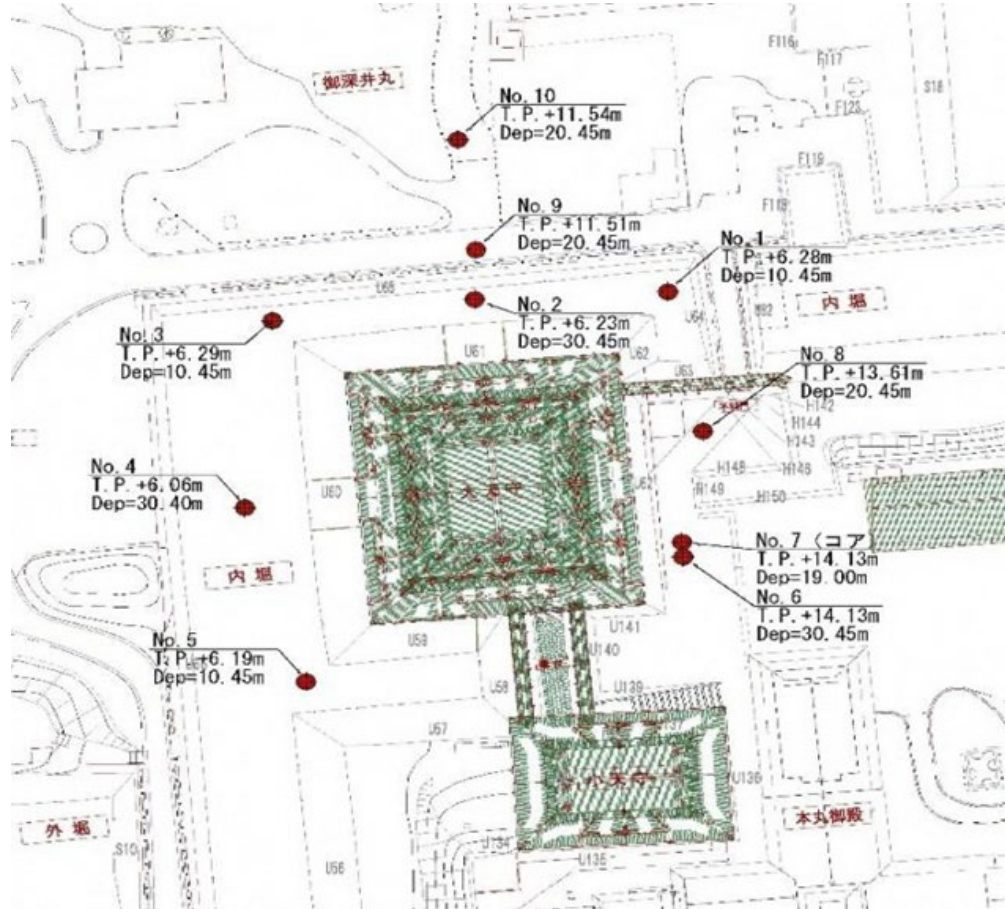
モニタリング範囲

○ボーリング調査

天守台を構成する石垣の健全性や現状把握のため、天守台及び周辺地層の把握を目的として、地盤調査（ボーリング調査）を実施する。

天守台北側の御深井丸は洪積地盤である熱田台地の境界付近であり、本丸周囲の地盤と異なり軟弱な地盤である沖積地盤の可能性があることから、天守台周囲の地盤の想定断面を検討する。

調査内堀内部、御深井丸、本丸側の計10地点で行う。



3 2019年度以降に実施を計画する調査

2019年度以降、発掘調査、ボーリング調査を計画しているほか、石垣のモニタリング、史実調査は継続して行う。

○発掘調査

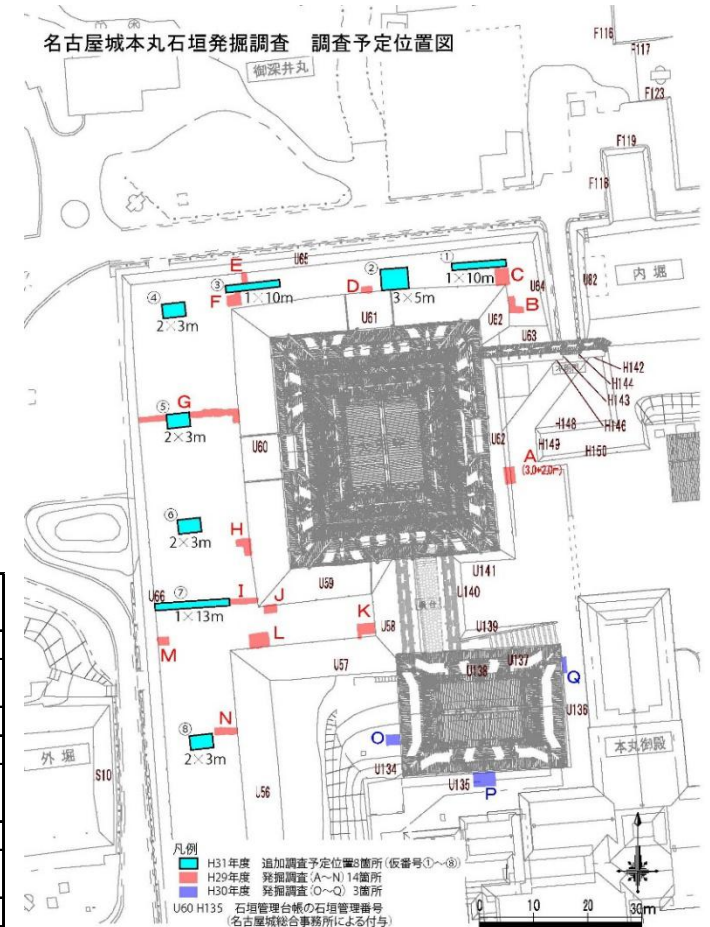
2019年度以降計画している発掘調査は、次の(1)～(4)である。

- (1) 本丸石垣（内堀内）発掘調査
 - (2) 穴蔵石垣の試掘調査
 - (3) 小天守台入口付近の根石調査・橋台部分の発掘調査
 - (4) 現天守閣解体後に穴蔵石垣の全面的な調査
- (3) (4)の詳細は今後検討する。

(1) 本丸石垣（内堀内）発掘調査

大天守台西側及び北側の内堀の8か所を発掘調査する。

調査の目的、予定している地点は、一覧表・位置図に示す。

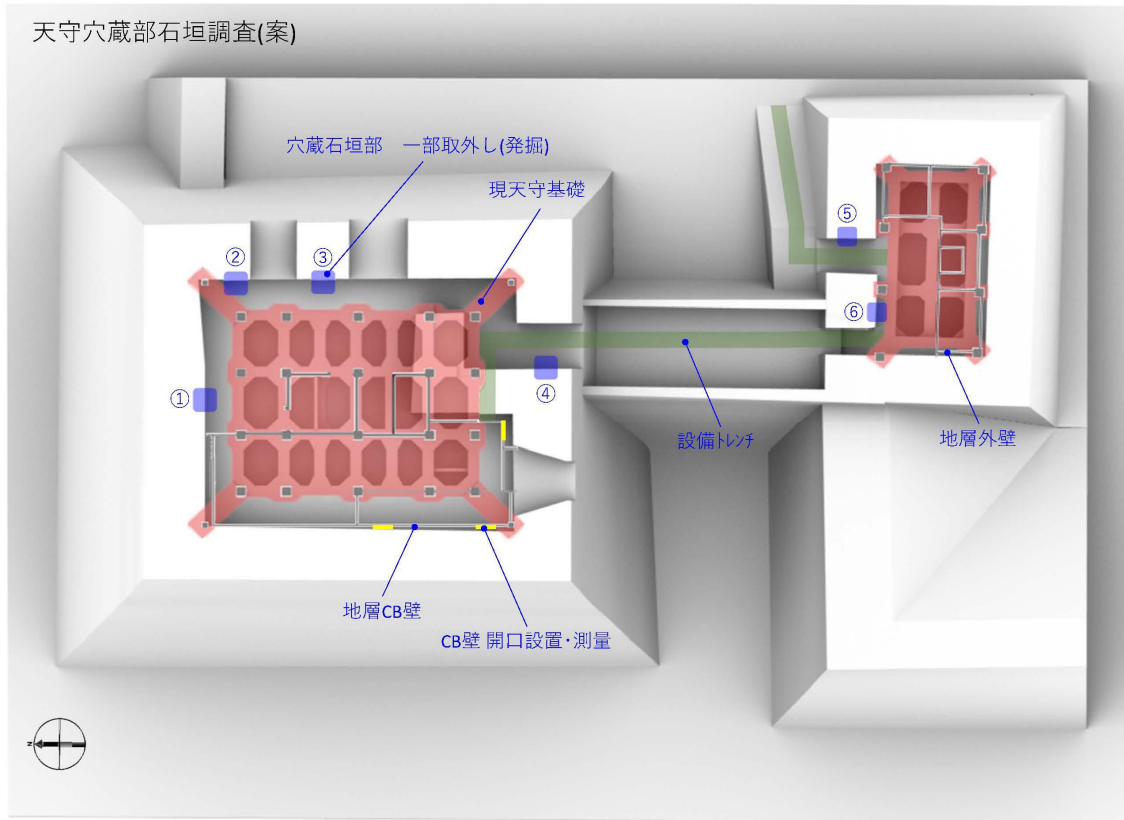


調査区名	調査規模			調査箇所	調査目的
	幅(m)	長さ(m)	面積(m ²)		
①	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
②	3.0	5.0	15.0	大天守石垣裾部	大天守石垣裾部を発掘し、根石を確認する。
③	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
④	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑤	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑥	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑦	1.0	13.0	13.0	御深井丸石垣裾部	御深井丸石垣裾部を発掘し、根石を確認する。
⑧	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。

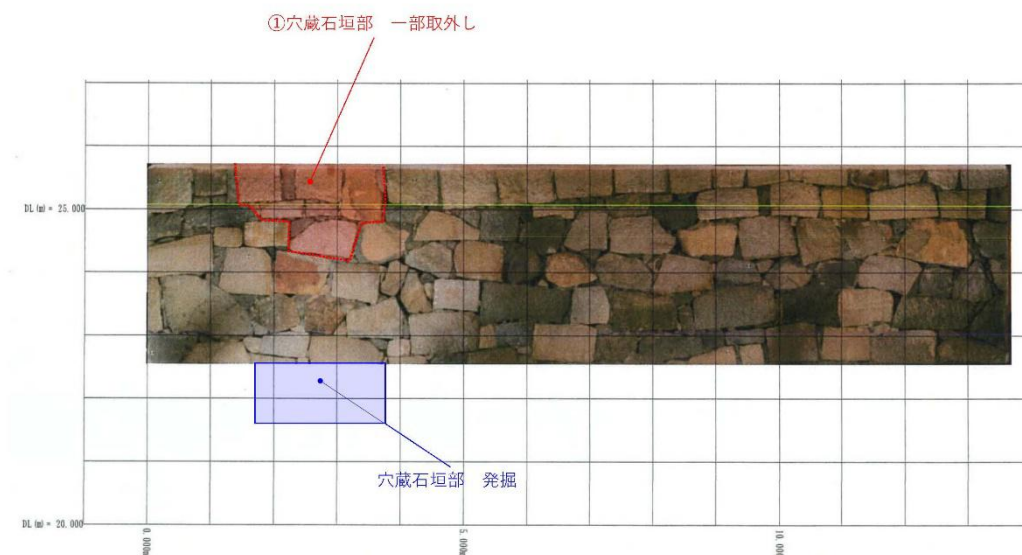
(2) 穴蔵石垣試掘調査

穴蔵石垣の根石及び背面構造の残存状況を確認するため、6か所のトレンチ調査を計画している。

調査地点の現状での案は下図の通りである。



天守穴蔵部石垣調査(案) ① 大天守



○ボーリング調査

天守台内部でのボーリング調査を計画している。

<目的>

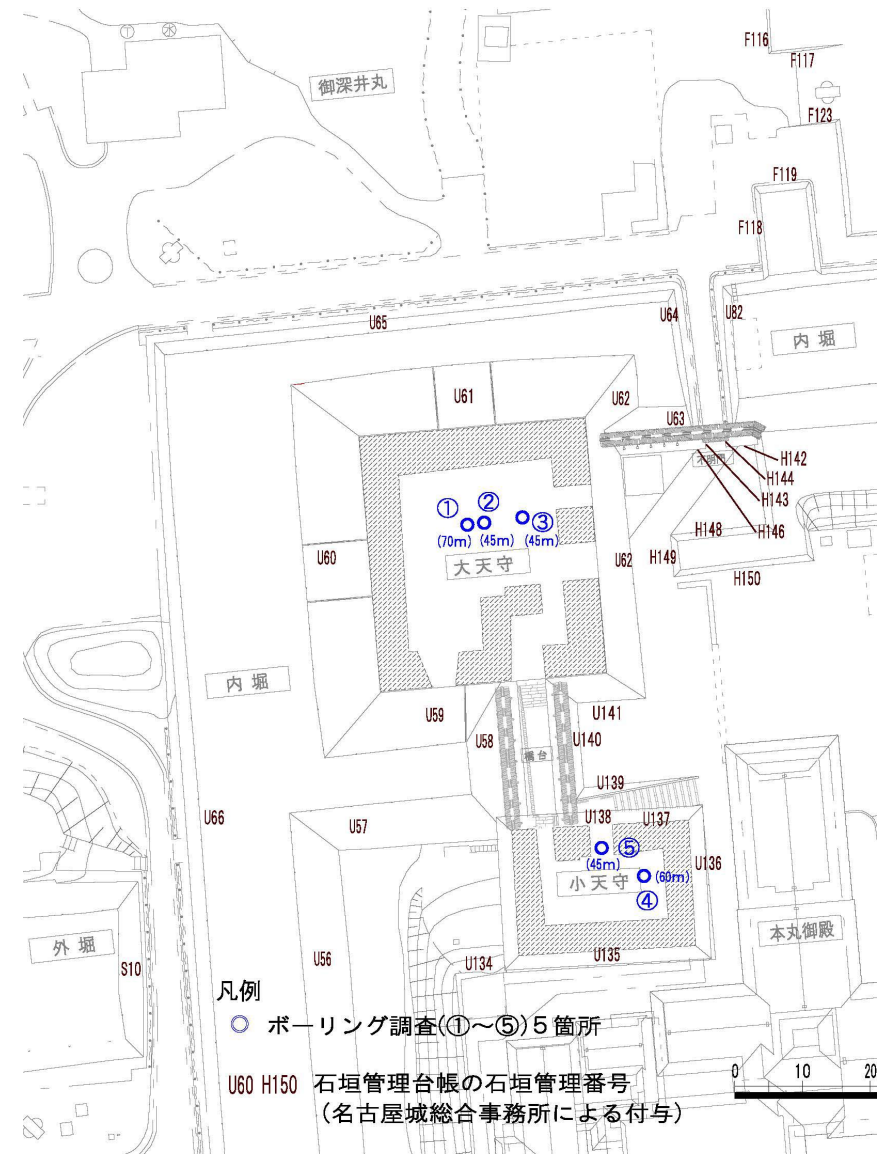
現天守閣が耐震性能を満たしていないことから解体を計画しているが、解体後もケーソン基礎については残置する。解体後の天守台石垣の安定性の確認のため、大・小天守閣のケーソン基礎を含めた地盤性状を確認し、天守台特有の地震波を作成し工学的検証を行う必要がある。

<手順>

天守閣地階屋内で行うボーリング調査であるため、やぐら設置スペース確保のために設置箇所上部の床及び階段の一部を撤去する。ボーリング調査に伴う仮設物は、調査完了後には撤去し、原状復旧を行う。

<位置>

下図の通り



ボーリング長については、今後変更あり

名古屋城本丸石垣発掘調査について

資料4

発掘調査内容一覧

- ・内堀内に8か所調査区を設け、堀底の堆積状況を確認する。
- ・内堀外側、大天守台の石垣裾部を発掘し、根石の状況を確認する。

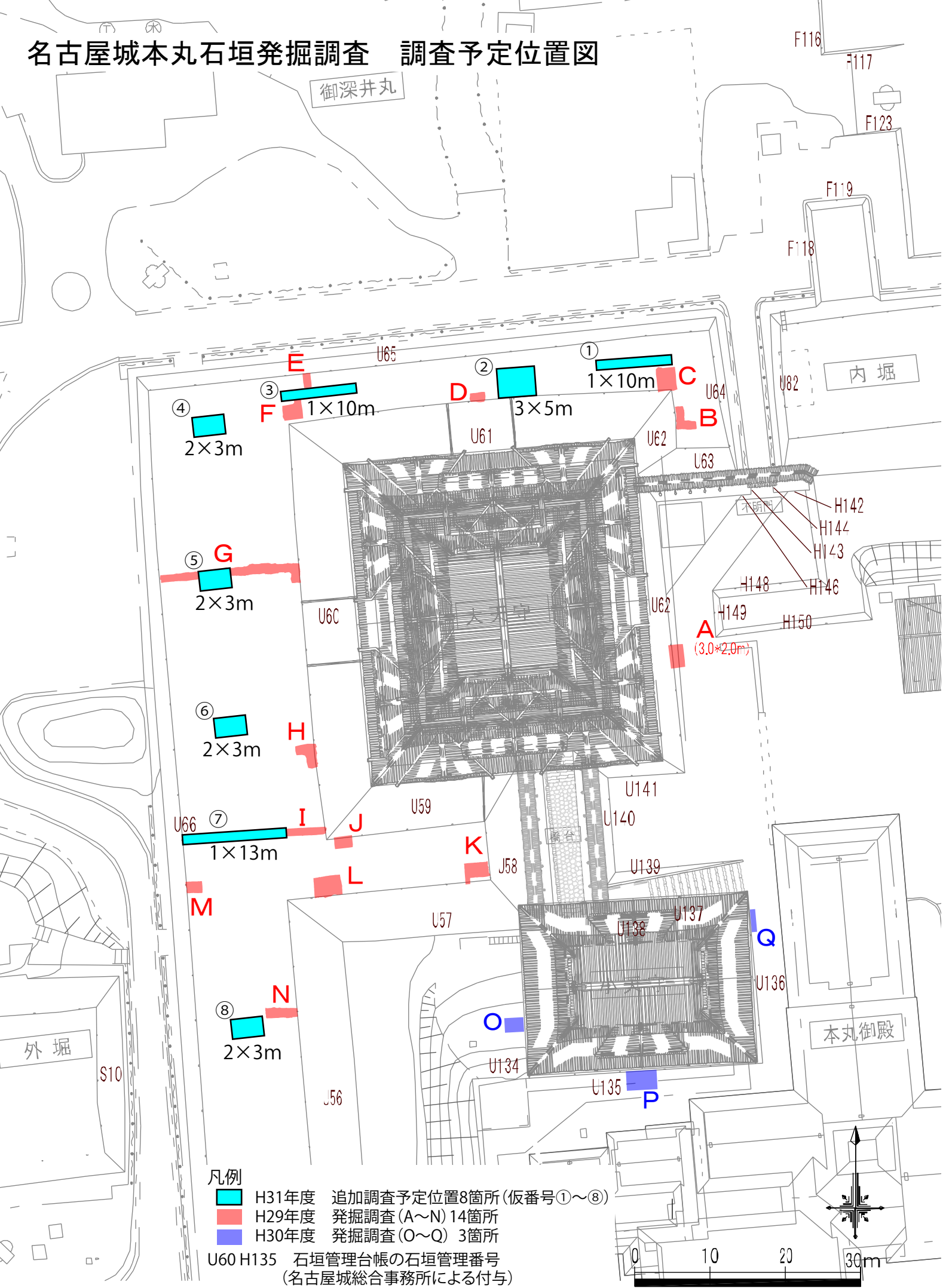
調査区名	調査規模			調査箇所	調査目的	掘削方法	調査手順	留意点
	幅(m)	長さ(m)	面積(m ²)					
①	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。	人力掘削を基本とする。 但し、表土は機械掘削とする。	表土は小型重機にて掘削を行なう。表土より下層は人力にて検出面まで掘削する。平面図及び土層断面図を作成し、写真撮影を行なう。 石垣裾部の発掘については、根石据え付け高さ(根石上部)まで掘り下げ、平面図及び石垣立面図、土層断面図を作成し、写真撮影を行なう。	平成29年度調査により判明している基本層序を考慮し、慎重に掘削作業を行なう。
②	3.0	5.0	15.0	大天守石垣裾部	大天守台石垣裾部を発掘し、根石を確認する。			
③	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。			
④	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。			
⑤	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。			
⑥	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。			
⑦	1.0	13.0	13.0	御深井丸石垣裾部	御深井丸石垣裾部を発掘し、根石を確認する。			
⑧	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。			

8か所 72.0

※注記

- ・掘削に伴う発生土は、調査区の脇に仮置きして、シートなどで養生を行う。
- ・調査終了後は遺構面を山砂で保護した後に埋め戻す。なお、埋め戻し材は掘削土に消石灰を重量比2%添加したものを使用する。
- ・石垣すぐそばについては根石・根石上の高さまで割栗石を組み叩き込み、掘削土に消石灰を重量比2%添加した改良土を充填する。
- ・調査規模は、堆積土及び盛土の厚みや土の締まり具合によって、作業時の安全確保を優先して縮小することもあり得る。
- ・使用重機 バックホウ

名古屋城本丸石垣発掘調査 調査予定位置図



凡例

- H31年度 追加調査予定位置8箇所(仮番号①~⑧)
- H29年度 発掘調査(A~N)14箇所
- H30年度 発掘調査(O~Q)3箇所

U60 H135 石垣管理台帳の石垣管理番号
(名古屋城総合事務所による付与)